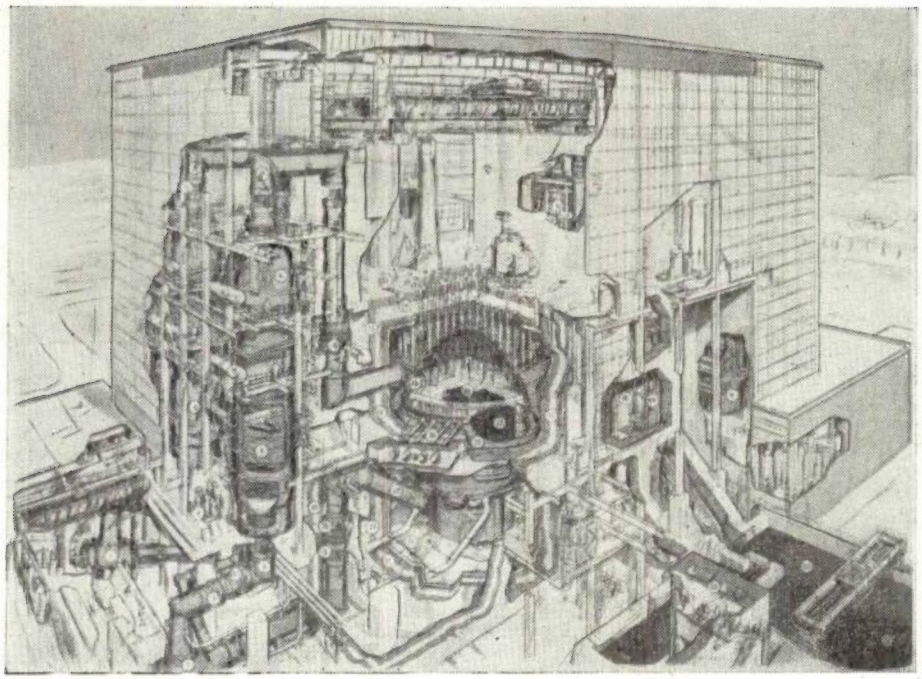


Fig. 23

1) — Electro ventiladores para CO_2
2) — Juntas de dilatação
3) — Saída do CO_2 dos permutadores
4) — Bombas de circulação da água
5) — Elementos tubulares com 8 tubos
6) — Uma das 6 caldeiras
7) — Ebulidor de baixa pressão
8) — Ebulidor de alta pressão
9) — Entrada do CO_2 no permutador
10) — Válvulas de fecho da corrente do CO_2
11) — Defesa biológica de cimento
12) — Saídas do CO_2 do reactor
13) — Isolante térmico
14) — Tubos de carregamento
15) — Plano de carregamento
16) — Maquinismo para preparação das cargas
17) — Máquina de carregar e descarregar
18) — Tubo de descarga de emergência.
19) — Monta cargas de elementos gastos
20) — Tanque
23) — Moderador de grafite
24) — Barras de controle
25) — Esfera de aço do reactor
27) — Entrada do CO_2 no reactor
28) — Condutores para retirar impurezas
30) — Defesa biológica secundária.

Cada um dos permutadores de calor tem

$$\phi = 6{,}6 \text{ m} - \text{altura } 27{,}4 \text{ m}$$

e tem uma espessura de parede de 60,3 mm.

Os corpos das caldeiras foram depois cuidadosamente recosidos para lhe retirar as tensões internas.

O CO_2 entra pela parte superior e encontra sucessivamente:

Sobreaquecedor de alta.
Sobreaquecedor de baixa.
Vaporizador de alta
2.° aquecedor de água de alta.
Vaporizador de baixa.
Aquecedor de água alta e baixa em paralelo.

Duas bombas fazem a água circucular entre os ebulidores e os corpos de vaporização.

A pequena diferença da temperatura entre o CO_2 e a água obrigou a dividir a caldeira em 2 grupos, alta e baixa; obrigou ao emprego de tubos com stubs para lhe aumentar a superfície do contacto.

Para a execução destes permutadores foram usadas prensas hidráulicas para curvar as chapas de 8000 toneladas de força

Emprega-se de CO_2 sob pressão para lhe aumentar a capacidade da condução por unidade de volume e para lhes aumentar o coeficiente de transmissão por convecção por ser este proporcional

$$\left(\frac{p}{T}\right)^{0.278}$$

em que p é a pressão e T a temperatura absoluta.

Para a montagem deste conjunto representado na fig. 25.

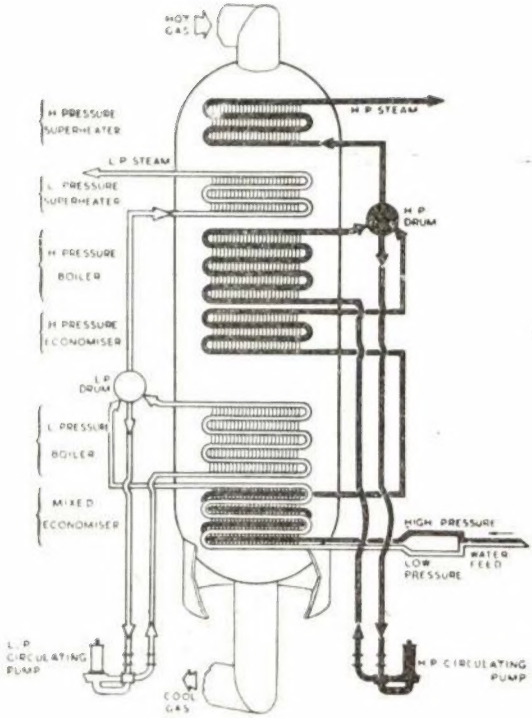


Fig. 24

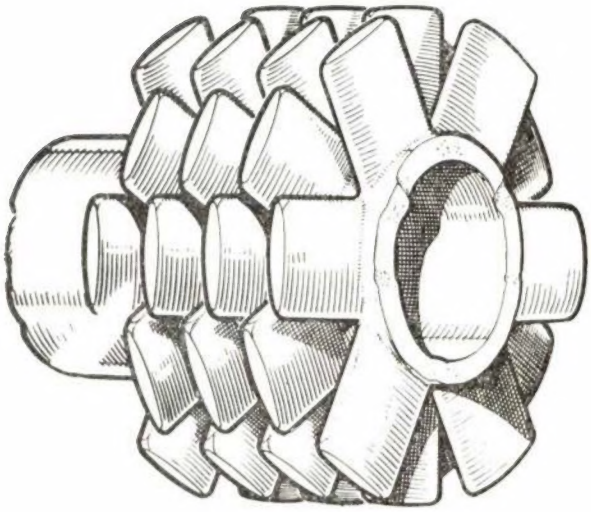


Fig. 24-A

foi empregado um pórtico de montagem que serviu igualmente para montar a estrutura do edifício conforme vai indicada na fig. 26.

Centrais Atómicas Francesas

Todas as centrais francesas em exploração são muito próximas das instalações da Calder Hall

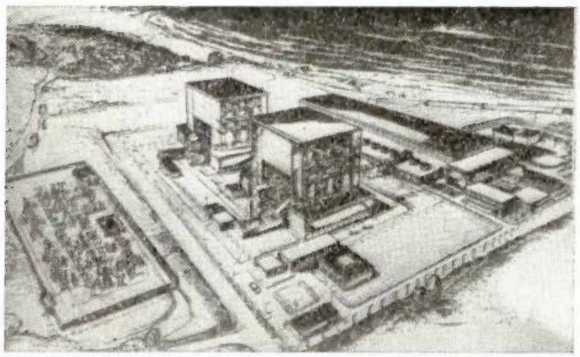
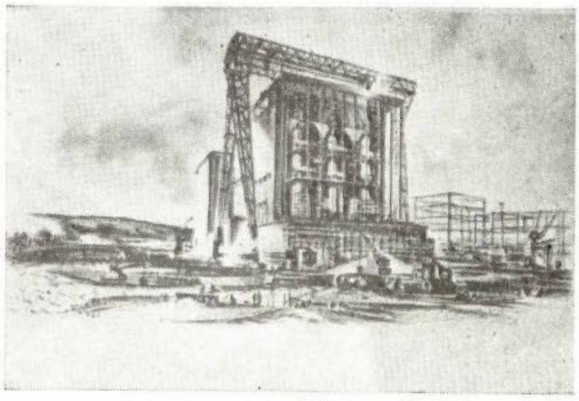


Fig. 25

e Hinkly Point que acabo de descrever todas elas utilizam:

— Urânio natural como combustível.
— Grafite como moderador.
— CO_2 sob pressão como fluído do transporte do calor.



Pórtico de 400.000 k
Fig. 26

Ùnicamente há a notar o aumento da pressão de CO_2 de 15 k/cm² a 25 k/cm² as temperaturas de CO_2 que são, entrada a 140° saída a 355°. Como o vapor produzido é a 22,0 k na alta pressão a 4,6 k/cm² — 216° da baixa sobreaquecidos a 343° na alta o ecart da temperatura entre os 2 fluídos é só de 20° o que faz com que as superfícies de troca do calor sejam enormes.

Como no reactor inglês de Calder-Hall estão ligados ao reactor vários permutadores de calor no caso de EDF 1 quatro; dois deles alimentam um grupo turbo-alternador e os outros dois um grupo idêntico.

Cada um dos permutadores de calor compreende:

— Um colector superior de entrada CO_2 com

1806 de diâmetro exterior e 43 mm de espessura ligados directamente ao reactor e com 18 m de comprido.

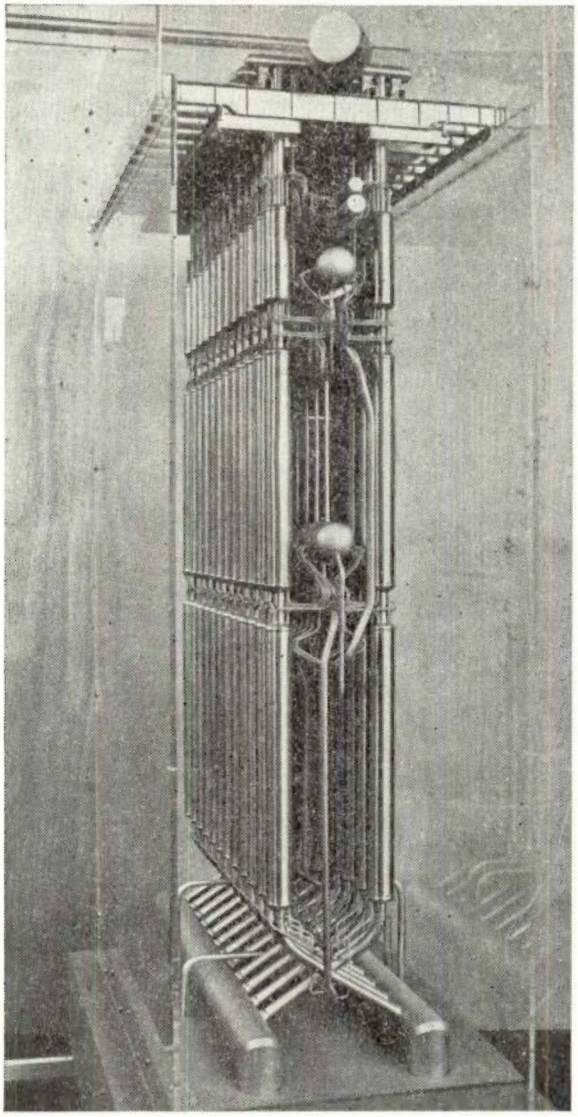


Fig. 27

24 torres de 1012 de diâmetro externo 15 mm de espessura dispostas em paralelo em 2 linhas.

— 2 colectores inferiores de CO_2 de 1500 mm de diâmetro exterior e espessuras variáveis de 23 a 34 mm.

— 1 Reservatório de BP da água, e vapor 1400 mm ø espessura, 20 mm a 27 mm comuns às 24 torres.

— Um colector de vapor sobreaquecido BP de 640 mm diâmetro um colector de vapor sobreaquecidos AP de 540 mm; 18 a 20 mm de espessura comum às 24 torres.

— Vários tubos de circulação com diâmetros entre 50 mm a 300 mm.

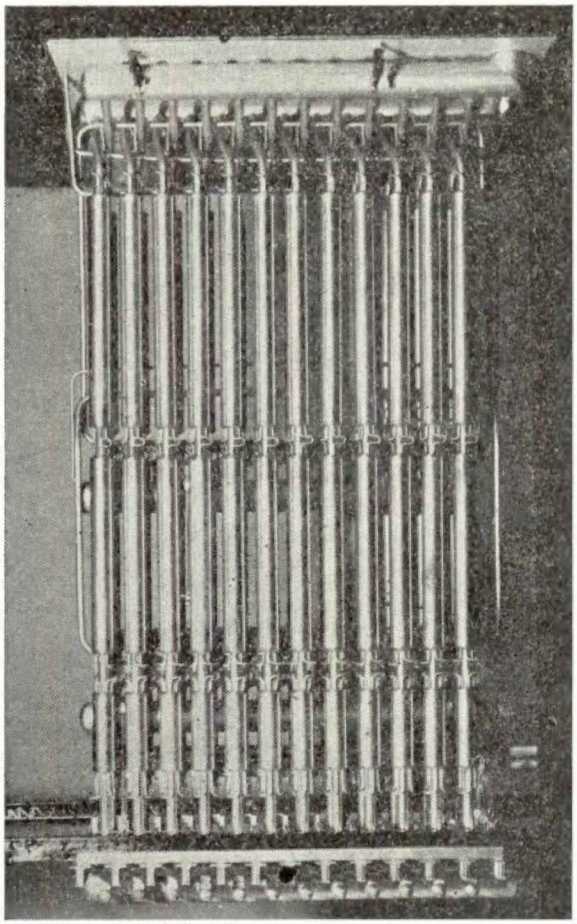


Fig. 28

O esquema do princípio dum elemento do permutador é o da figura 29.

Cada uma das torres é composta de 3 troços sobrepostos.

Torre Superior	Sobreaquecedor AP » BP
Torre Média	Vaporizador AP Economizador AP-AT
Torre Inferior	Vaporizador BP Economizador AP-BT

A Baixa pressão é alimentada directamente no campo cilíndrico (fig. 30).

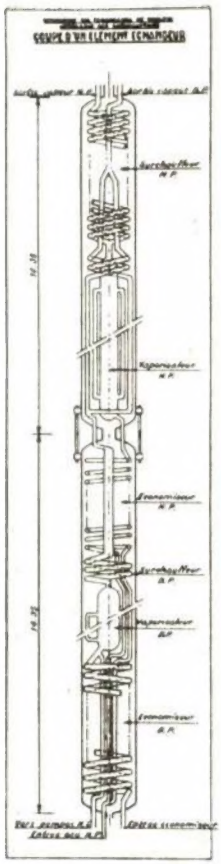


Fig. 29

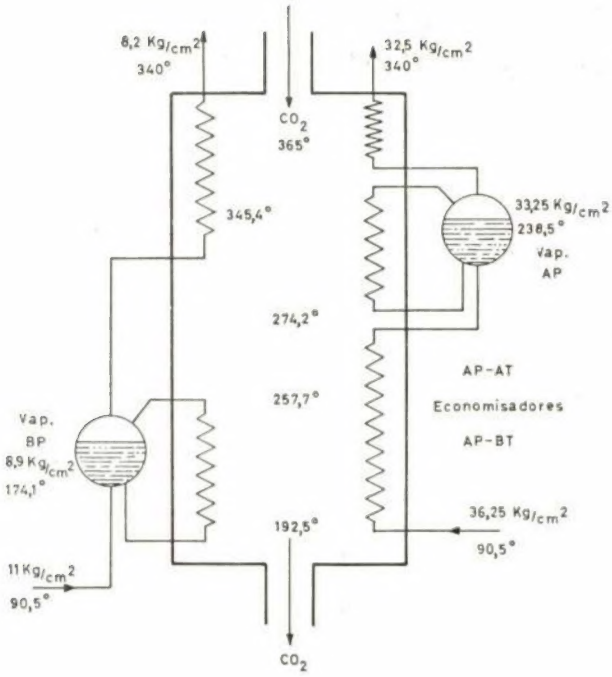


Fig. 30

Todos estes órgãos são formados por tubos de perfil especial enrolados em hélice de passo pequeno nos economizadores e sobreaquecedores e de maior passo nos vaporizadores.

O gráfico da figura 31 dá os coeficientes de transmissão obtidos na transmissão de calor e as velocidades de circulação obtidas.

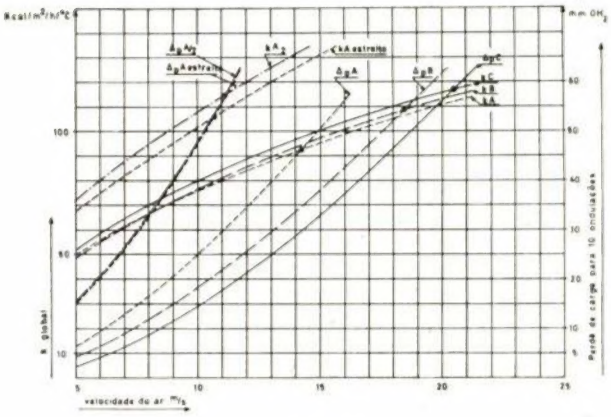


Fig. 31

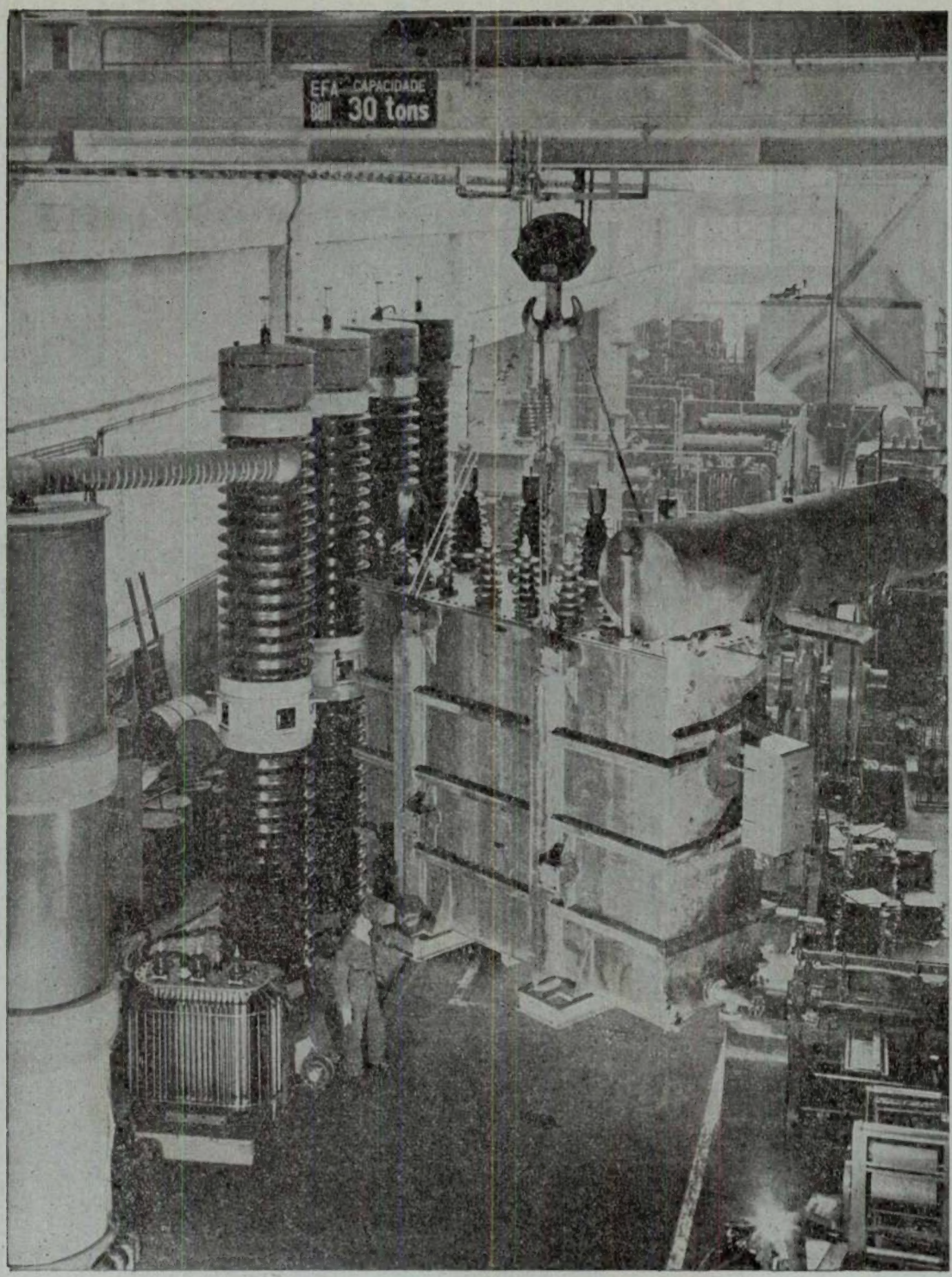
Um colector com as 24 Torres reune o vapor sobreaquecido para alimentar as turbinas.

No quadro junto vão indicadas as características das principais instalações em serviço experimental

— *Central do Charleroi na Bélgica* — É muito idêntica à Central Americana já descrita tendo como elemento transmissor do calor igualmente água sob pressão.

Designação	Loeal	Potência Elect.	Data
IRE G 1	Marcoule	5 MW	1954
IRE G 2	Marcoule	25 MW	1956
IRE G 3	Marconle	25 MW	1956
EDF 1	Chinon	60 MW	1960
EDF 2	Chinon	140 MW	1961

A figura 32 dá uma ideia geral da sua constituição.



EFACEC

Vista do interior de uma das Fábricas "EFACEC"
(Arroteia — S. Mamede de Infesta)

Distinguem-se nesta fotografia :

— Um transformador de 15 000 kVA/60 000 V (marca EFACEC) com regulação em carga, em curso de fabrico.

— Um disjuntor de 220 000 V (marca SOPREL), aguardando ensaio de rigidez.

— Nota-se também um transformador de ensaios de 600 000 V

EFACEC

CIMA

COMPANHIA INDUSTRIAL DE MADEIRAS AFRICANAS, S.A.R.L.

contraplacados decorativos
contraplacados especiais
placas de revestimento
placas lameladas
folheados de fantasia
madeiras exóticas secas

FÁBRICA EM ALHANDRA (SAPAL) TEL. 05 02 02 • 05 02 03 • 05 02 66
SEDE EM LISBOA — R. DAS JANELAS VERDES, 3 — TEL. 66 01 76 (PABX) — TELEG. CIMAFRICA
DELEGAÇÃO EM AFRICA — CAIXA POSTAL 135 — CABINDA

SEMPRE CRIANDO DA MADEIRA MELHOR BELEZA

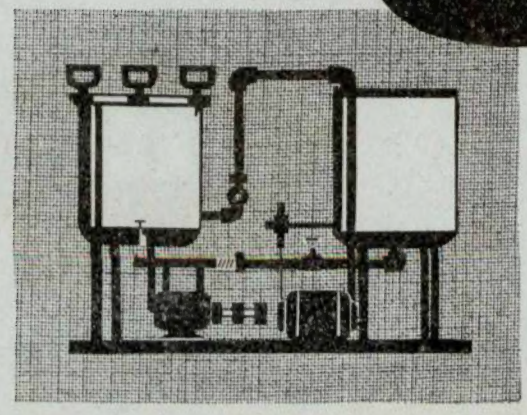
---

filtros FILFRO, L.da

ALGUMAS DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES:

Água • Açúcar • Óleos vegetais, animais e minerais • Cerveja
Sabão líquido • Resinas naturais e sintéticas • Vinhos • Vinagre
Glicerina • Tintas • Vernizes
Sumos de frutos • Xaropes
Azeite • Industria química

FILTROS NACIONAIS PARA TODOS OS PROBLEMAS DE FILTRAÇÃO



Inteiramente fabricados em Portugal, por técnicos e operários portugueses, segundo a patente port. n.º 29.917

Dezenas de instalações a funcionar no país atestam a sua excelente qualidade.

RUA CAPITÃO FILIPE DE SOUSA, 128
CALDAS DA RAINHA

Central nuclear da água sobre pressão de Charleroi

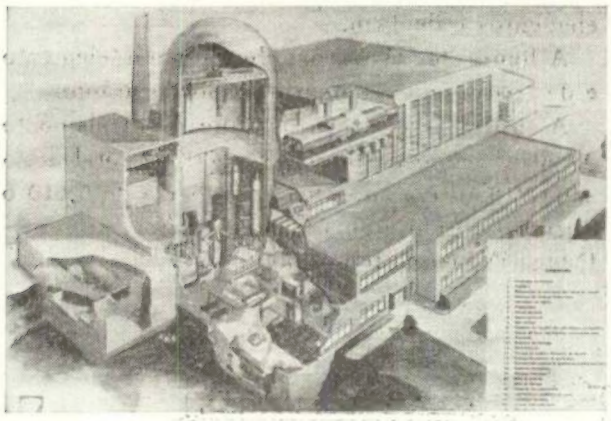


Fig. 32

1) — Envoltório hermético
2) — Reactor
3) — Mecanismo de comando das barras de regulação
4) — Reservatório da blindagem neutrónica
5) — Gerador do vapor
6) — Regulador da pressão
7) — Bomba
8) — Válvula
9) — Porta autoclave entrada
10) — Reservatório para elementos combustíveis
11) — Cisterna de elementos combustíveis usados
12) — Chaminé
13) — Reservatório
14) — Desmineralizador
15) — Bombas de injecção de segurança
16) — Bombas do sistema de purificação
17) — Bombas de alimentação
18) — Reservatórios de expansão
19) — Blindagem biológica
20) — Sala de controle
21) — Hall de cabos
22) — Sala de descontaminação
23) — Laboratório Médico de protecção
24) — Instalação sanitária
25) — Grupo turbo alternador
26) — Auxiliares da Central
27) — Sistema da eliminação dos desperdícios radíoactivos.

— Como acabamos de ver a produção do vapor é sempre obtida através de permutadores de calor servindo como fluído de transporte o CO^2 ou água debaixo de pressão tão elevada que não haja possibilidade de haver vapor em contacto com os elementos do reactor.

Isto obrigaria ao emprego de vapor sempre a baixa pressão e com pequeno ou nulo sobreaquecimento e portanto diminuía consideràvelmente o rendimento do grupo electrogéneo gerador da energia.

A primeira tentativa feita para melhorar o rendimento consistiu em sobreaquecer o vapor depois de sair do reactor em sobreaquecedores aquecidos por carvão.

Ùltimamente estão-se construindo reactores em que o vapor é sobreaquecido e produzido no próprio reactor. Deixa portanto de haver fluído transportador de calor entre o reactor e o gerador de vapor. Estas centrais são conhecidas como

Centrais do Sobreaquecimento Nuclear

As Centrais produzindo vapor e sobreaquecendo o vapor no próprio reactor dividem-se em dois grandes grupos

Reactores em Caixão

Semelhantes ao da figura 33, em que o vapor é produzido na parte lateral do reactor percorrido

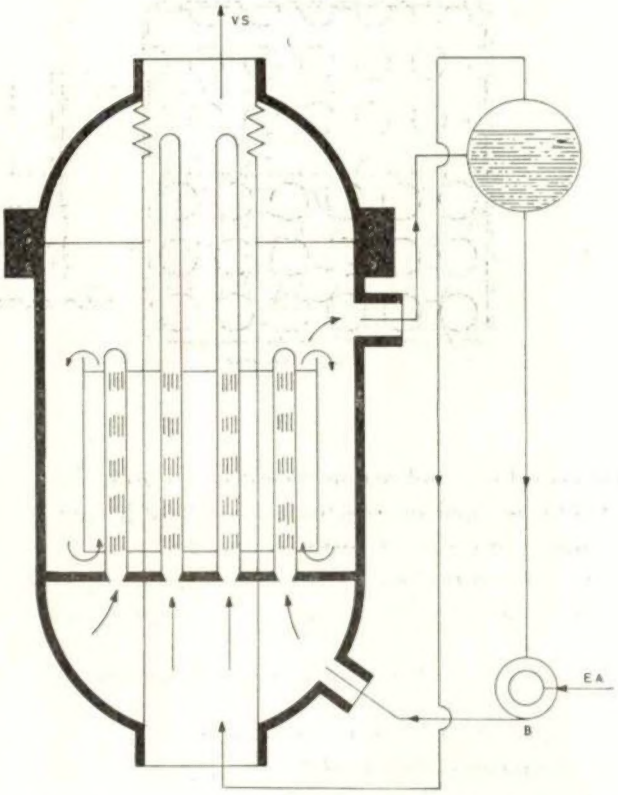


Fig. 33

por um circuito de água em circulação lançada por intermédio duma bomba de circulação e a parte central é percorrida por um circuito de vapor que se sobreaquece na sua passagem atra-

vés dos elementos de reactor. Vamos descrever pormenorizadamente um destes reactores cujas características são as seguintes:

Características gerais

Potência eléctrica	150 MW
Potência térmica reactor	405 MW
Rendimento	0,37
Pressão no reactor	105 atm
Temperatura sobreaquecimento .	500°

tanto o número total de barras de 232 × 36 = = 8352.

A espessura da lâmina de água à roda dos elementos é de 1 cm.

A figura 34 dá os detalhes de um elemento e das barras que contêm o óxido do urânio.

A superfície de troca de calor é por elemento 3,960 m² sendo portanto a superfície total desta zona 918 m² e a superfície por barra de 0,110 o Burn-up obtido é de 12 000 MWJ/t (Mega-Watts/dia/tonelada).

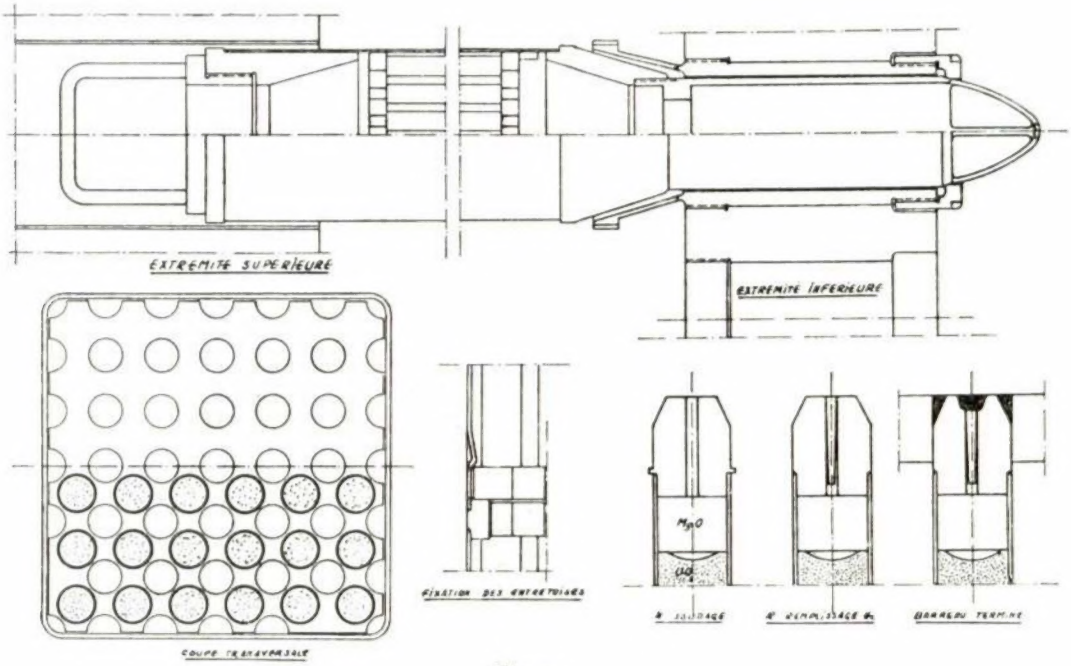


Fig. 34

Pressão do 2.° sobreaquecimento	5,5 atm
Débito de água no reactor . . .	2080 k / seg
Temperatura água à entrada . .	303°
Entalpia à entrada	325 k cal / kilo
Débito do vapor	145,6 k / seg

Características de reactor na zona do aquecimento

Carga 29800 k de óxido de urânio

Enriquecimento inicial 2,76 %.

Esta carga é encerrada em 232 elementos cada um com as seguintes características.

Cada elemento é quadrado de 11,7 cm de lado e leva no seu interior 36 barras com diâmentro interior 12,5 cm e exterior 14 cm com uma altura de 2,80 m.

O número de elementos é de 232 sendo por-

Características do Reactor na zona de sobreaquecimento.

A carga nesta zona é de 14 800 kg de Óxido de Urânio.

Enriquecimento inicial 2,67 %

O elementos são circulares com as barras dispostas triangularmente.

Raio de cada elemento	4,2 cm
Diâmetro das barras de urânio	9,86 mm
Diâmetro exterior da camisa	10,86
Altura activa	2,8 m
Número de barras por elemento	37
Número de elementos	180
Número total de barras	6660
Passo triangular	12,2 cm

Superfície de trocas de calor:

Por barra	0,0955 m^2
» elemento	3,52 m^2
Total	6340 m^2

Temperatura máxima atingida na camisa 750°

Burn-up 8000 MWJ/ton

O reactor em que estão colocados estes elementos está representado num corte (figura 35), em que o reactor tem 3,7 m de diâmetro, trabalha a 105 kg/cm^2, tem de espessura 162 mm, é feito de aço de 48 kg/mm^2 e está a trabalhar a 12 kg/mm^2.

O moderador é água cujo nível pode ser fàcilmente regulável havendo entradas e saídas de água diferenciadas nas zonas de aquecimento e e de sobreaquecimento.

O controle é portanto feito subindo ou descendo a altura da água de regulação.

Cada barra na zona do aquecimento leva 0,447 kg aproximadamente de óxido de urânio e na zona de sobreaquecimento 0,286 kg os Burn-up máximos previstos são

15 000 MW/J/t na zona ebulição

10 000 MW/J/t » » sobreaquecimento

o que corresponde a transmissão do calor

50 Watts cm^2 na zona sobreaquecimento

100 Watts cm^2 na zona ebulição

como se sabe que

1 MWJ/ton equivale a $2,7 \times 10^{21}$ fissões

o número de fissões por ton. de urânio presente na zona de ebulição será de

$(2,7 \times 10^{21})\ 15000 = 4,05 \times 10^{25}$ fissões

por ton. de óxido de urânio/dia E na zona de sobreaquecimento

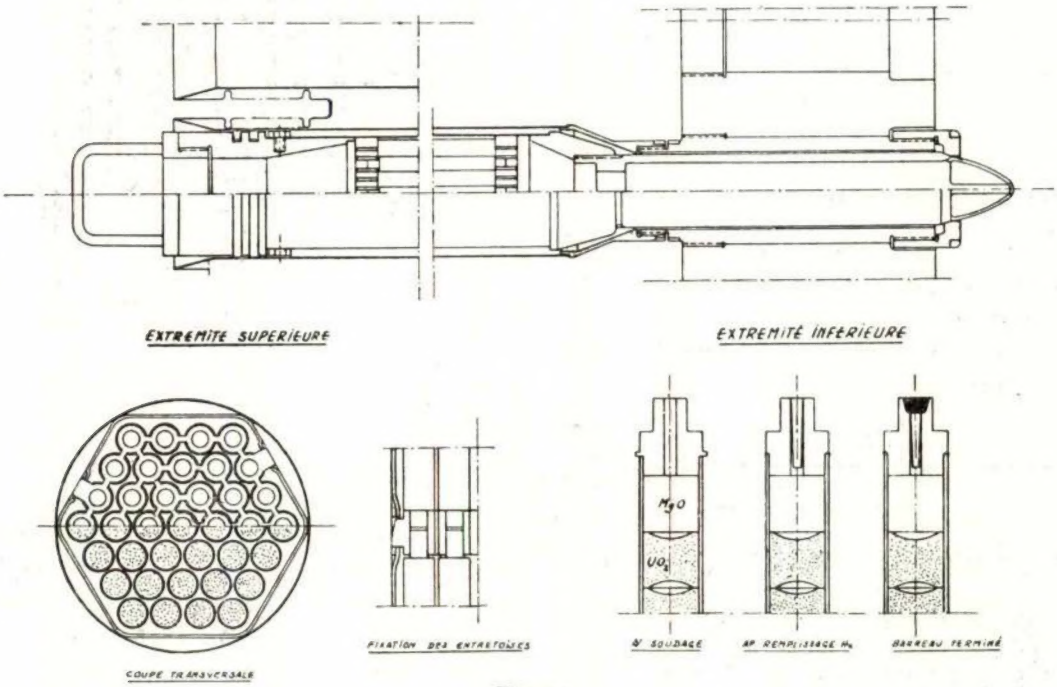


Fig. 35

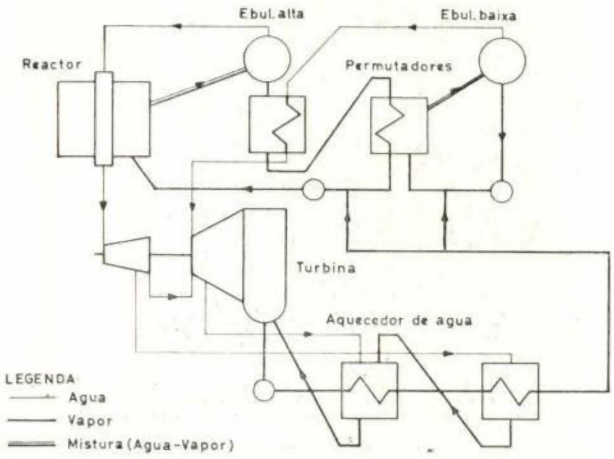


Fig. 36

$$(2{,}7 \times 10^{24}) \times 10000 = 2{,}7 \times 10^{25} \text{ fissões}$$
por ton. de óxido urânio/dia

o que vem a dar por cada barra na zona de ebulição

$$\frac{4{,}05 \times 10^{25} \times 0{,}447}{1000} = 1{,}81 \times 10^{22} \text{ fissões}$$

e na zona de sobreaquecimento

$$\frac{2{,}7 \times 10^{25} \times 0{,}286}{1000} = 7{,}72 \times 10^{24} \text{ fissões}$$

As camisas ficam como acabamos de ver submetidas a condições duríssimas de trabalho.

A figura 36 dá a forma dos circuitos previstos para a utilização de vapor produzido neste reactor.

Reactores de tubos de força

Estes tipos de reactores têm a vantagem de evitar o emprego de grandes recipientes porque se subdividem os circuitos.

As figuras que se seguem indicam dois tipos destes reactores.

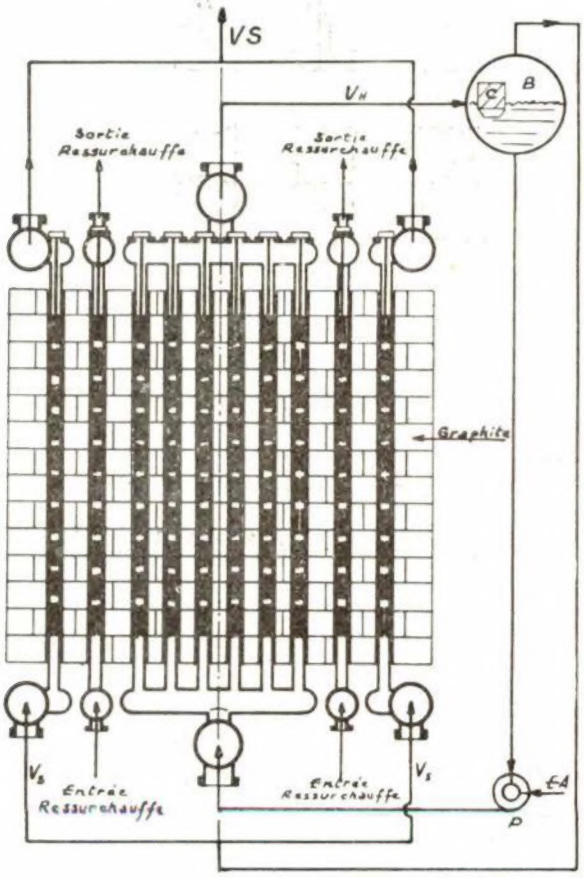


Fig. 37

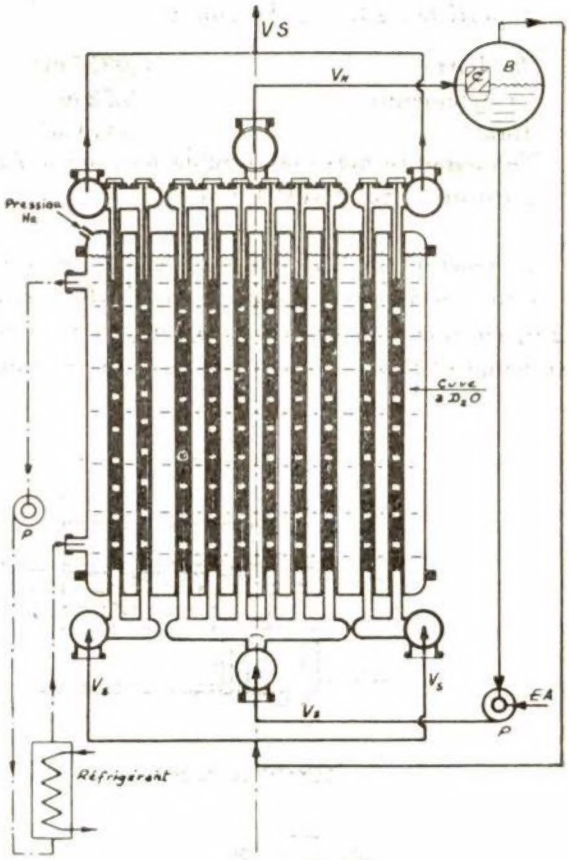


Fig. 38

A figura 37 é a de um reactor moderado por grafite em que o núcleo central serve para a produção de vapor e os tubos de braço laterais servem para o sobreaquecimento e para o sobreaquecimento intermédio do vapor depois de ter sido expandido nos primeiros andares da turbina.

A figura 38 mostra um reactor moderado por água do tipo de tubos de força produzindo vapor sobreaquecido.

A água que serve de moderador passa num refrigerador exterior.

Em alguns reactores deste tipo emprega-se para geração de vapor um permutador de calor passando o vapor para sobreaquecer directamente no reactor.

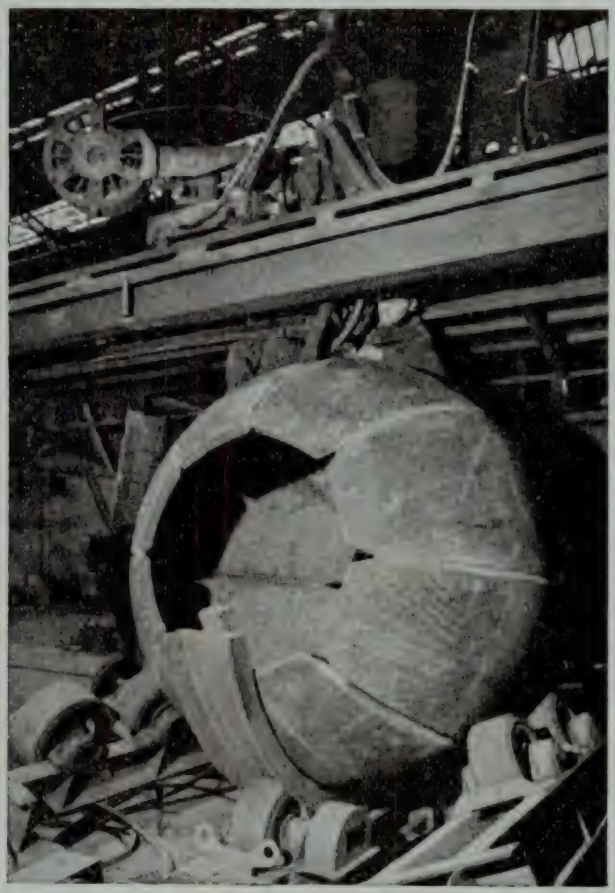
Destes tipos existem já várias centrais entre elas as seguintes:

Uma Central russa em Moscovo de 5000 kW que tem

- Moderador de grafite
- Tipo tubo de força atravessando o moderador
- Resfriador por água.

Sociedade Portuguesa
do
AR LÍQUIDO

Tudo para a Soldadura Eléctrica



- **Soldadura a arco**
  Eléctrodos ALFLEX
  Postos SOCOME e ELIN
- **Soldadura em atmosfera de argon**
  Processos
  NERTAL e NERTALIC
- **Soldadura automática Unionmelt**
  (Exemplo da gravura)
- **Soldadura por resistência**
  Máquinas DUPUY, SOCOME, LANGUEPIN
- **Posicionadores Bode & Son**

LISBOA: Rua da Quinta do Almargem, 14 — Telefone 63 71 36
PORTO: Rua de Justino Teixeira, 617 — Telefone 5 00 31
Depositos em: COIMBRA, SETÚBAL, FUNCHAL e PONTA DELGADA

um sucesso no progresso!

— *Uma Central em Oural de 4 × 100 MW* com 4 reactores moderados por grafite resfriados por água utilizando urânio enriquecido. O reactor é de tubos de força com células de aquecimento e de sobreaquecimento diferenciadas. A Central funciona em circuito semi-directo indo o vapor sobreaquecido no reactor directamente às turbinas. O circuito de água fervente passa num permutador de calor evitando-se assim que a água que circula no reactor circule nas turbinas sob a forma de vapor.

— *Uma outra Central na Russia* — Moderada e resfriada por água utilizando como combustível o óxido de urânio enriquecido sendo o reactor dividido em duas zonas.

Estado actual da utilização de Energia Nuclear

Na América estão em ensaios as seguintes centrais:

— Uma de 330 m W de tipo normal.

— Uma outra 225 m W em que o reactor produz vapor a 148,7 k cm² saturado. Este vapor vai em seguida passar num sobreaquecedor aquecido a carvão onde seria elevado a 538° centígrados perdendo na sua passagem pressão de 148,7 a 126,550 k em que se pensa obter um consumo de 2778 k cal/kW hora.

— Finalmente já uma central experimental de 20 m W em que o sobreaquecimento será feito no reactor é o que se chama na América a Central integral. Logo que sejam feitas as provas destas instalações entrar-se-á francamente na execução de centrais de grande potência integrais.

— Os Estados Unidos tem instalados em fim de 1960 centrais totalizando 500 M W e tencionam elevar esta potência em 1968 a 6000 M W e têm

37 — Submarinos
1 — Cruzador
1 — Porta Aviões
1 — Destroyer

movidos a energia atómica.

A França país que vive na esperança de obter larga produção de energia dos gases e Petróleos do Sahara e em que há uma crise de superprodução do carvão aliás comum a todo o mundo devido à abundância e baixo preço do petróleo prevê larga comparticipação da produção da energia atómica até 1975 como comprovam os gráficos juntos um deles expresso em TEC que são «Toneladas Equivalentes de Carvão» (figs. 39 e 40).

Está portanto a energia nuclear chamada a ter um largo campo de aplicação na energia crescente de que o mundo necessita

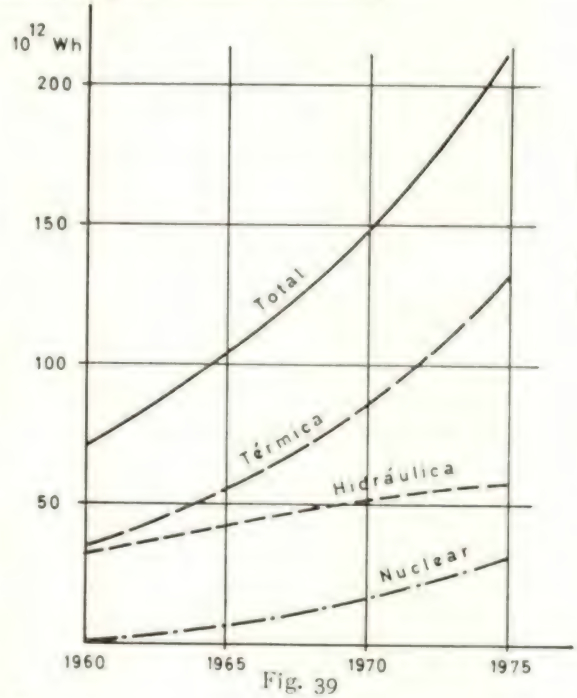


Fig. 39

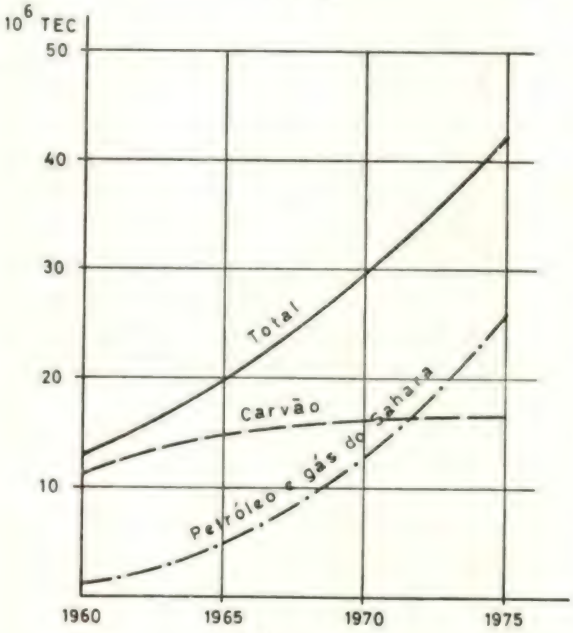


Fig. 40

O custo da 1.ª instalação que tem até agora tornado caro o KW/hora produzido tem uma tendência clara a baixar prevendo-se uma baixa de 15 a 35 % até 1968.

6.º Congresso Internacional de Preparação de Minérios

Cannes, 26 de Maio a 2 de Junho de 1963

Realizar-se-á em Cannes (Alpes Marítimos, França) de 26 de Maio a 2 de Junho de 1963, o 6.º Congresso Internacional de Preparação de Minérios, que será acompanhado de visitas técnicas em França e noutros países mediterrânicos.

O tema geral do Congresso será a *Preparação de Minérios sob todos os seus aspectos*, sendo dado especial projecção a

— Concentração dos minérios de ferro, compreendendo grelhagem magnetisante, mas excluindo aglomeração e redução directa;

— Medições, controle, regulação, automatização;

— Hidrometalurgia.

Podem ser apresentadas, como é óbvio, memórias sobre outros assuntos não mencionados nos três temas principais.

Quando da escolha definitiva das comunicações, a comissão científica apoiar-se-á, antes de tudo, sobre o critério de valor científico e técnico. Mas, em caso de qualidade e interesse iguais, serão aceites de preferência, se for necessária uma escolha, as memórias tratando de um assunto referente aos temas principais.

A comissão científica decidiu dar o maior valor a todas as considerações de ordem económica, que poderão ilustrar as comunicações, como sejam: custo de instalação, custo do tratamento, comparação económica de diferentes processos concorrentes.

Aos Investigadores e Engenheiros susceptíveis de apresentar qualquer comunicação a este Congresso, a comissão organizadora pede para estabelecerem, o mais cedo possível, contacto com o Secretariado do Congresso.

Toda a correspondência deve ser endereçada a

Sécrétariat Général du Congrès International de la Préparation des Minérais
28, rue Arthur — Rozier
Paris 19ᵉ, France

C. D. U. 621.314.2.042.

UMA NOVA FORMA DO NÚCLEO DE TRANSFORMADORES: O CANTO 15°

POR ROGÉRIO DA CONCEIÇÃO SERAFIM MARTINS

Engenheiro Electrotécnico Diplomado (I. S. T.)
1.º Assistente do Instituto Superior Técnico
Director ENAE/MOTRA

«Man vergisst nur zu oft, dass am Eisenkern eine Menge totes Eisen hängt . . .»

Vidmar, «Die Transformatoren

I. Posição do problema

1.1 — Introdução

Os maiores progressos na construção de transformadores, desde a criação do primeiro monofásico por Bláthy em 1885 e do primeiro trifásico em 1890 por von Dolivo-Dobrowolsky, devem-se aos progressos constantes da metalurgia dos materiais magnéticos, que foi pondo à disposição dos construtores, sobretudo desde a introdução do silício por Hadfield nos começos deste século, chapas sucessivamente melhores, com perdas mais baixas e menores correntes magnetisantes; e nesta senda um passo decisivo foi dado pelo americano Goss ao conseguir obter em 1934 uma chapa com textura orientada.

Pela primeira vez se começava a jogar com a própria estrutura cristalina da chapa para conseguir melhorar as suas propriedades, em vez de se actuar apenas como até então, no mero plano químico de eliminar impurezas; não é de estranhar (A) que o progresso fosse radicalmente superior a qualquer dos registados anteriormente, com uma melhoria simultânea da permeabilidade e das perdas e isto em toda a zona de induções. Esta chapa orientada, também dita laminada a frio por oposição à chapa siliciosa tradicional, laminada a quente, apresenta com efeito, em comparação com a melhor chapa desta última qualidade, características na direcção de laminagem que se cifram em uma potência magnetisante cerca de três a quatro vezes menor, e em perdas da ordem da metade (a melhor chapa laminada a quente tem a 50 Hz, 15.000 gauss, perdas de 2,3 W/Kg, enquanto os valores da chapa recozida a frio podem chegar a 0,9 W/Kg). Não é de admirar por isso que a nova chapa tenha pràticamente forçado a pôr de lado a chapa tradicional; em Portugal, por exemplo, em que ela foi introduzida no fabrico normal de transformadores pela primeira vez em fins de 1955 (B), pode-se calcular que do conjunto dos transformadores de potência produzidos pelas duas firmas fabricantes em 1960, mais de 95 % tinham núcleos de chapa orientada. E se é certo que o nosso País é neste ponto favorecido como comprador de matéria-prima, porque a importação de chapa não tem entraves nem existe uma produção nacional de chapa tradicional a proteger, a verdade é que a mesma evolução se deu também noutros países, e continua a dar-se com crescente força mesmo naqueles que precisam de certos reajustamentos económico-financeiros para poderem utilizar a chapa orientada em larga escala. [O número de fabricantes desta chapa é ainda hoje extremamente reduzido, o que tem posto por vezes entraves à sua expansão; Cf. (C), (D)]. Pawlek calcula que a indústria alemã cobre 80 % das suas necessidades de chapa para transformadores com esta chapa (A).

1.2 — Características direccionais

A chapa de Goss apresenta todavia, a par de outras vantagens como um maior coeficiente de empilhagem, duas particularidades que se apresentam ao construtor como defeitos. A primeira é a sua sensibilidade aos esforços mecânicos (corte, punçoamento, aperto, cargas), que se traduz por um pioramento das suas qualidades desde o rolo em que sai da aciaria até ao núcleo pronto do transformador; não trataremos aqui deste aspecto, notando apenas que o método usado

para diminuir estes efeitos é o recozimento da chapa em condições especiais, operação cara que se traduz numa melhoria de perdas da ordem dos 10 % ou dos 15 % conforme o tipo de núcleo; nos casos em que não é económico recorrer a este processo, emprega-se a chapa não recozida, e será esse o caso do presente trabalho.

Mas a segunda particularidade que é necessário tomar cuidadosamente em conta, é o facto das propriedades serem altamente direccionais: a chapa caracteriza-se por ser fortemente anisótropa. Esta anisotropia provém da ordenação cristalina. A chapa é constituída quìmicamente por uma liga ferro-siliciosa que cristaliza no sistema cúbico; o processo Goss consegue que uma das arestas do cubo elementar fique na direcção da laminagem, e que o plano diagonal que contém essa aresta fique paralelo ao plano de laminagem. É o que se descreve na literatura especializada, utilizando os índices de Miller que definem a geometria do sistema [funções das coordenadas de um sistema de eixos cartesiano centrado num dos vértices do cubo cristalino, Cf. (E)] dizendo que o eixo [001] está na direcção da laminagem e que o plano (110) no plano da laminagem. Daqui resulta que a direcção de laminagem é uma direcção preferencial para a passagem do fluxo, apresentando uma permeabilidade dezenas de vezes mais elevada que a permeabilidade segundo outras direcções, e perdas magnéticas, quando sujeita a fluxos alternados, inferiores a um terço das que apresenta a direcção que lhe é perpendicular. A variação das características magnéticas com o ângulo que a direcção de magnetisação faz com a direcção de laminagem não obedece aliás a uma *lei* simples: a anisotropia desta chapa é altamente complexa.

O seu estudo, a partir dos fundamentos físicos, é extremamente dificil, e encontra-se incompleto; como em todo o conjunto de questões ligadas com a física dos materiais magnéticos [«magnetics»], o momento actual, em que se assiste a uma vasta recolha de elementos experimentais e à apresentação de tentativas de explicação teórica de certos aspectos mais ou menos particulares, parece preludiar o aparecimento, que por ora tarda, de uma teoria verdadeiramente geral que englobe o conjunto destes fenómenos (Cf. (A), (F)].

Entretanto, o construtor de máquinas eléctricas não pode esperar: a sua tarefa é estudar as características operacionais dos materiais à sua disposição, deixando aos físicos o encargo de lhas virem explicar quando puderem; mas são estes os primeiros a reconhecer (F) que «muitas aplicações úteis se podem fazer de fenómenos dominando as interacções entre parâmetros macroscópicos dos materiais sem verdadeiramente compreender o seu *porquê* e o seu *como*».

É dentro desta ordem de ideias que a seguir se apresentam alguns elementos que descrevem a anisotropia da chapa orientada.

Os primeiros foram elaborados a partir do catálogo do fabricante cuja chapa utilizamos (G). Apresenta os resultados de ensaios laboratoriais sobre características direccionais efectuados em aparelhos de Epstein, com chapa recozida após o corte, a 60 Hz; deles se extraíram as curvas que constam das fig. 1, 2, 3 e 4.

A fig. 1 mostra em diagrama polar a variação das perdas quando o fluxo magnético faz com a direcção de laminagem o ângulo α sendo o valor máximo da indução, suposta distribuída uniformemente, 15.000 gauss. Tomou-se para unidade o valor das perdas na direcção de laminagem. Como se verifica, já a 20° as perdas são cerca do dobro, e o triplo aos 45°, chegando a quase três vezes e meio nos 90°.

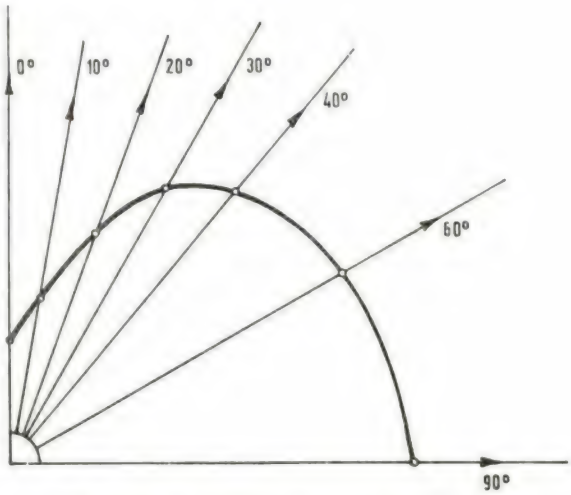


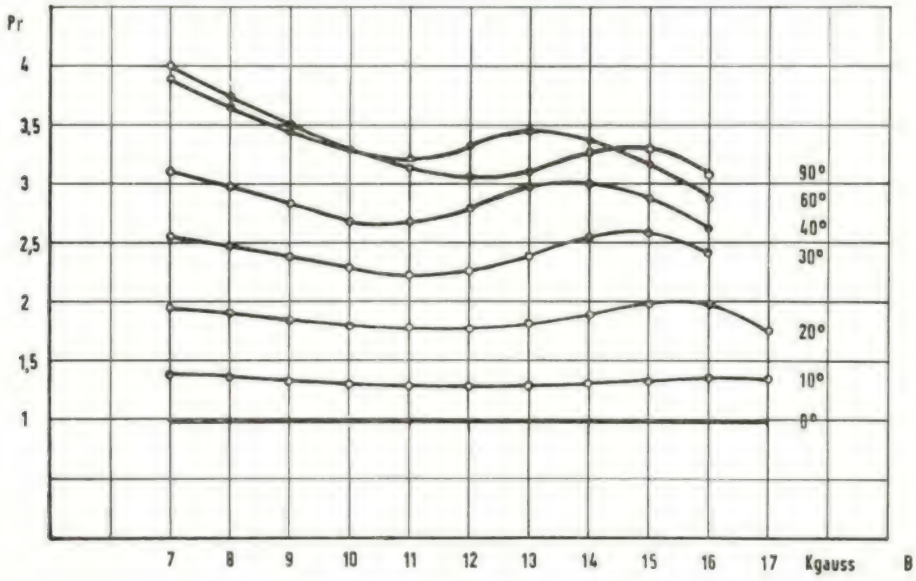
Diagrama de perdas relativas a 15 Kgauss

Fig. 1

A fig. 2 pretende mostrar como se dá esta distribuição das perdas função de α para vários valores da indução. Em abcissas representa-se a indução, e em ordenadas as perdas relativas nas várias direcções, tomando como unidade, para cada valor da indução, o valor das perdas na

direcção de laminagem a essa indução; por isso a curva correspondente a 0° é uma recta de ordenada 1. Verifica-se que o agravamento das perdas aumenta de um modo geral com α, excepto numa zona entre os 10 e os 14,5 Kilogauss em que as perdas a 60° são maiores que a 90°; verifica-se também que varia com a indução duma maneira surpreendentemente complexa.

patente o aspecto operacional da anisotropia da chapa; sabe-se de resto que os valores das perdas a 50 Hz são muito aproximadamente proporcionais aos valores a 60 Hz, sendo o factor de conversão indicado pelo fabricante 0,76; aliás na literatura encontram-se curvas estabelecidas a 50 Hz que confirmam as apresentadas (Cf. (H), (I)).



Perdas relativas em função de orientação

Fig. 2

A fig. 3 mostra o diagrama polar da permeabilidade relativa aparente em corrente alternada, tomando para unidade o valor a 90°, traçada para uma indução de 15000 gauss. Como se vê, na zona de fácil magnetização é um estreito corredor com eixo na direcção de laminagem e diminuindo tão fortemente com o afastamento desta direcção que a 20° a permeabilidade aparente é já inferior a um décimo do seu valor máximo.

Tomando como unidade da permeabilidade aparente o seu valor a 6 Kilogauss na direcção de laminagem, traçam-se na fig. 4 as curvas da sua variação em função da indução, para a direcção da laminagem e para a direcção perpendicular a esta. É possível ver como a zona da saturação magnética se atinge para induções mais baixas a 90° que a 0°.

O facto dos elementos a partir dos quais se traçaram estas curvas terem sido obtidos a 60 Hz não prejudica o objectivo pretendido de tornar

Parece-nos oportuno aludir ainda a um interessante trabalho realizado por Ruess (J), que apresenta a variação da indução com o ângulo para vários valores do campo magnetisante. As suas curvas, de uma das quais se apresenta uma reprodução na fig. 5, embora tenham sido estabelecidas em corrente contínua, são muito elucidativas, pois a variação da permeabilidade aparente em corrente alternada aos 50 Hz é semelhante à variação da permeabilidade em corrente contínua (G); antes destas não se tinham publicado curvas de variação de B função de α a intensidade de campo constante. Delas se vê como, acima de determinado valor do campo magnetisante, a permeabilidade passa por um mínimo na região entre aproximadamente os 40° e os 60°, subindo depois. Esta observação, incidentalmente, abre perspectivas para o futuro progresso, que se anuncia, da chapa biorientada ou de textura cúbica.

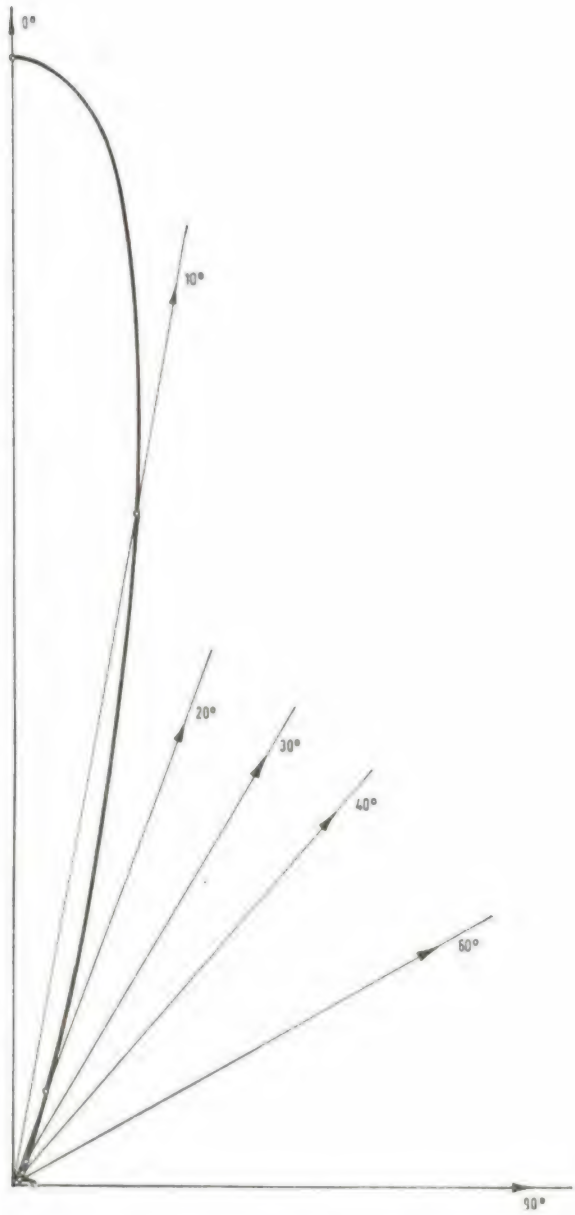


Diagrama de permeabilidade função de orientação

Fig. 3

1.3 — Medidas construtivas provocadas pela anisotropia

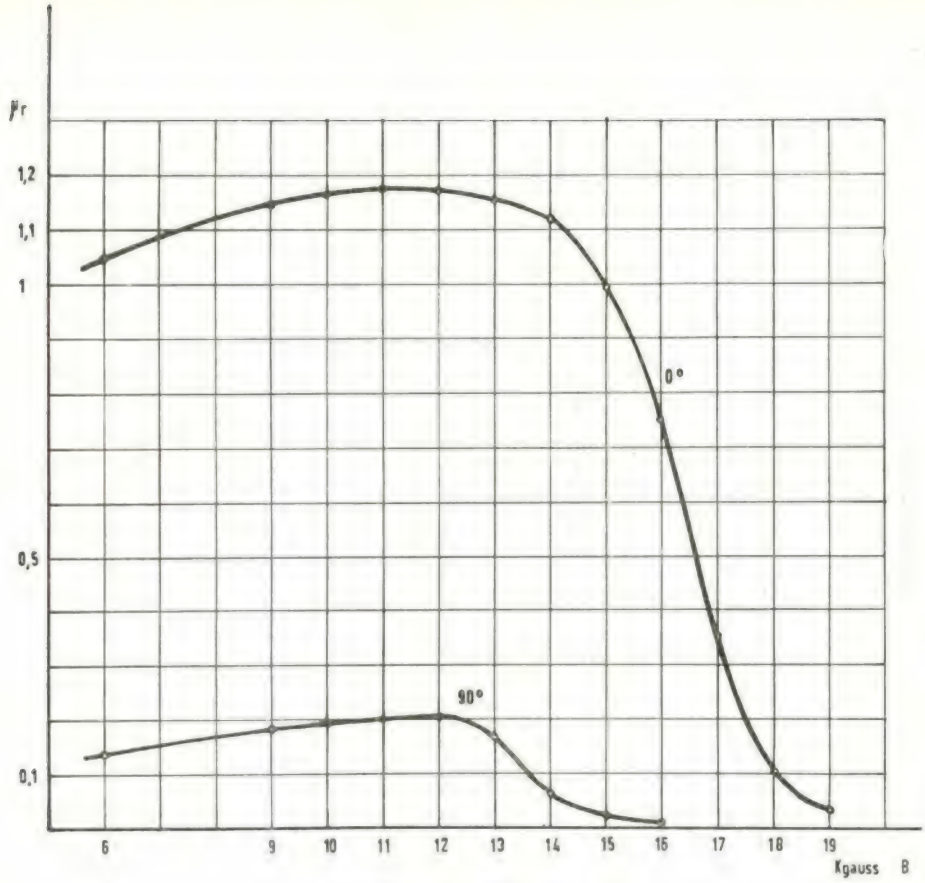
Tão importante se revela a anisotropia da chapa Goss que não pode deixar o construtor de transformadores de lhe dedicar a maior atenção; Goldstein, no citado artigo (H), que é aliás o texto da sua comunicação à sessão especializada de trabalhos da VDE sobre transformadores, em Bad Dürkheim, em Setembro de 1959, não hesita em afirmar que «esta saliente particularidade da chapa laminada a frio domina de maneira decisiva todas as questões da moderna construção de núcleos».

Foi exactamente da meditação sobre a importância do problema que fomos conduzidos, pela crítica às soluções correntes, ao presente trabalho; vamos ver quais são essas soluções e porque nos perecem insuficientes.

O cerne do problema reside na forma a adoptar para os cantos do núcleo. Nos núcleos de chapa laminada a quente dava-se às chapas a forma mais cómoda para as operações de corte, que é o rectângulo, (corte 90°) e os cantos obtinham-se por justaposição alternada das camadas, de forma a assegurar uma sobreposição eficiente. Era uma solução perfeita: o corte é fácil e exige apenas máquinas do tipo guilhotina; dá um mínimo de desperdícios desde que se estabeleça um plano cuidadoso de corte da chapa mestra ou do rolo em que é fornecida a matéria-prima; a sobreposição é feita numa área grande, dando robustez mecânica ao núcleo; o aperto pode ser feito tirando o máximo partido deste último facto e diminuindo (ou até eliminando) o número de furos de cravação nas colunas. Havia, é certo, uma dada massa de ferro em excesso na diagonal do canto, mas supunha-se que se tornava útil descongestionando o fluxo nessa zona, isto é, diminuindo localmente a indução; ainda encontramos esta opinião expendida em Küchler (C); embora seja na verdade mais prudente a dúvida expressa por Vidmar (K) (pág. 353) «a passagem do fluxo da coluna para o fecho (1) foi sempre um problema difícil de resolver na construção de transformadores porque pròpriamente nunca foi resolvido correctamente, isto é, com clareza e precisão». Vidmar não exagerará ao afirmar (idem, pág. 394) que o canto é «eine dunkle Stelle»: não se sabe, na verdade, como se distribui nele o fluxo. Mas isto não tinha nenhuma importância nos núcleos com chapa laminada a quente, dada a quase perfeita isotropia da chapa.

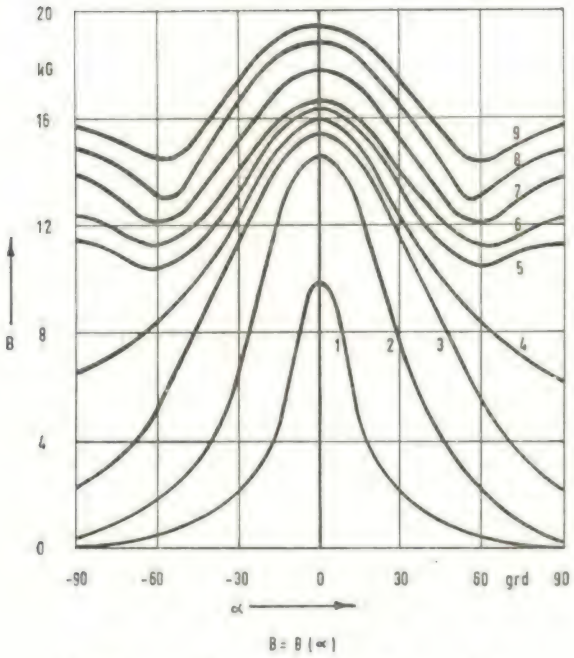
Ao começar-se a utilizar a chapa laminada a frio, e posta de lado a solução de núcleos bobinados, apenas possíveis para transformadores industriais desde que monofásicos e de pequena potência, a primeira solução que se adoptou, em parte por imposição de prazos oficinais e em vir-

(1) Chamamos «fecho» ou «jugo», segundo o uso da ENAE, ao que também há quem designe por «culatra».



Permeabilidades relativas

Fig. 4



Curva	H	Curva	H
1	0,2 A/cm	6	2,5 A/cm
2	0,5 A/cm	7	10 A/cm
3	1 A/cm	8	30 A/cm
4	1,5 A/cm	9	90 A/cm
5	2 A/cm		

Fig. 5

tude de uma inegável relutância dos engenheiros fabris em abandonar um processo tradicionalmente satisfatório, foi ainda o corte a 90°.

Mas tornava-se evidente, ao reflectir-se sobre o que se passaria no canto (fig. 6), que a zona sombreada era com certeza uma zona de mau

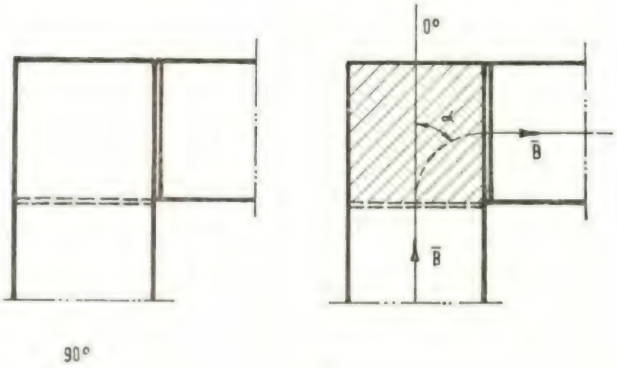


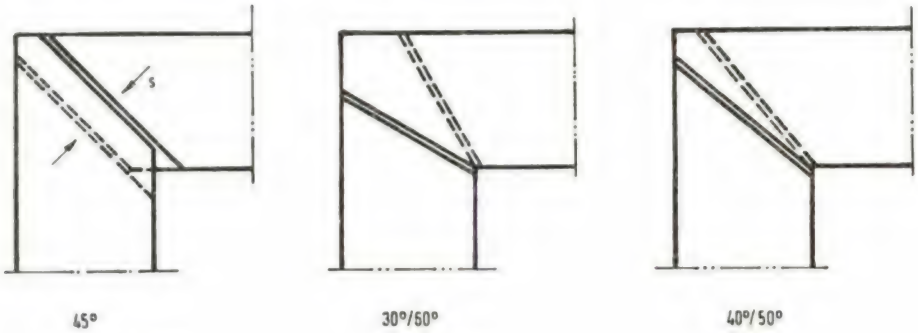
Fig. 6

aproveitamento da chapa. Se parecia de admitir que ao longo da coluna e do jugo o fluxo tem a direcção do eixo da chapa, que é a de laminagem

por uma precaução elementar no corte, e portanto corresponde à melhor utilização da chapa, ao longo da zona do canto a sua direcção havia de rodar 90°; e fosse qual fosse o seu trajecto, não há dúvida que os ângulos α que fizesse com a direcção preferencial haviam de ser todos os compreendidos no primeiro quadrante. O corte a 90° tinha de ceder o lugar a outro mais adequado.

Fizeram-se numerosas experiências; em (D) encontra-se o relato circunstanciado das levadas a efeito por um dado construtor, sobre núcleos monofásicos de dimensões reduzidas (45×200mm de janela, secção quadrada de 45 mm de lado), em que se experimentaram todas as soluções que ocorreram, para a forma a dar aos cantos e até mesmo a solução híbrida de colunas em chapa laminada a frio e jugos de chapa laminada a quente; a conclusão tirada é que os melhores resultados se obtinham com cortes oblíquos e ângulos de corte ou de 30°/60° ou de 45°, preferindo-se estes últimos por serem mais simples de realizar. Não há dúvida que certos construtores não deixaram de notar o encarecimento resultante de adoptar novos sistemas de corte, e têm procurado tirar partido da robustez do núcleo a 90° para o apresentar como concorrente dos núcleos de corte oblíquo (Vidé não só (H), como (L), aliás representantes da mesma experiência construtora). Mas a esmagadora maioria dos fabricantes reconheceu as vantagens do corte oblíquo e adopta-o como a melhor solução (M), (C). Esta conclusão parece aliás universal; em (N) encontra-se a descrição de experiências análogas, embora em modelos de escala industrial, feitas em zona onde se faz sentir a influência de uma tradição industrial diferente, levando também à adopção do corte oblíquo, embora com corte de 40°/50°.

A fig. 7 mostra os três tipos de corte oblíquo utilizados, sendo de longe o mais frequente o corte a 45°.



s = 25 mm

Fig. 7

1.4 — Ideia de uma nova forma de núcleo

Esta a situação actual. O corte a 45° é considerado a solução do problema suscitado pelas características direccionais da chapa; discutem-se quando muito as dificuldades que levanta a um bom aperto sem excesso de furação, ou os processos de corte com um mínimo de desperdício; problemas, em suma, construtivos ou oficinais, porque quanto ao circuito magnético enquanto tal considera-se ter-lhe sido dada uma forma que conduz à distribuição óptima das linhas de força. «Ideale Längsmagnetisierung» é o termo com que Küchler a descreve (C), (pág. 14); «solution qui donne théoriquement le minimum de pertes» é a forma como um construtor francês a classifica (O).

E todavia . . .

Todavia há um afastamento considerável entre os valores laboratoriais das perdas e as apresentadas efectivamente pelos núcleos dos transformadores, mesmo com a chapa recozida, cuidadosamente apertada, juntas mínimas, as partes metálicas mortas dos sistemas de aperto judiciosamente afastadas, e o corte a 45°. Aigner (P), da fábrica de transformadores da AEG, situa em cerca de 30 % este agravamento das perdas; a experiência de outros construtores confirma números pelo menos desta ordem; Pawlek (A) fala em valores variando de 25 % a 50 %. Estará tudo certo com o corte a 45°? será de atribuir só aos factores que se não podem calcular (esforços mecânicos, juntas), e

por isso mesmo difíceis de dominar, a causa do pioramento das perdas em relação às de catálogo?

A nossa opinião é que há ainda lugar para melhoria na concepção do circuito magnético, e que o corte a 45° não é a última palavra no assunto. Desta posição de crítica à atitude geral nasceu o gérmen de uma concepção nova de canto; o presente trabalho não é mais que a defesa experimental dessa nova ideia.

Supomos de interesse relatar os passos pelos quais essa ideia se foi sucessivamente formando. Ao falar-se do canto a 45°, toda a gente parece raciocinar como se as linhas de força se comportassem quase como fazendo um ângulo na junta; deixa-se de reserva uma zona limítrofe desta para permitir eventualmente a continuidade da componente normal de B, mas tanto se reduz esta zona que o seu efeito se considera desprezível (fig. 8, a). Isto é meramente conjectural, mas será muito mais errado supor que o andamento das linhas de força é afinal o da (fig. 8, b)? Talvez; talvez a zona sombreada se deva reduzir; mas de qualquer modo há uma zona em que é de presumir que se obrigam as linhas de força a atravessar a chapa fazendo com a direcção de laminagem todos os ângulos desde 0° a 45°. E isto

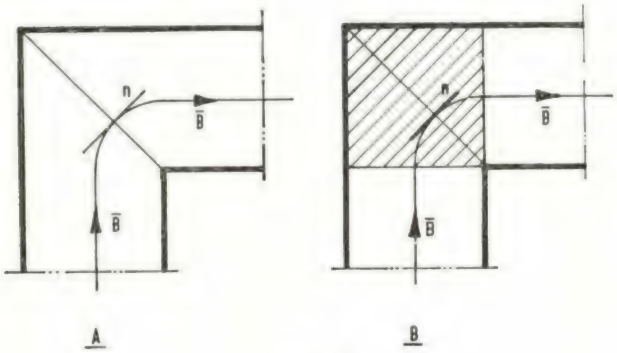


Fig. 8

não é evidentemente brilhante, se se observam as curvas das características direccionais: as fig. 1 e 2 mostram que as perdas a 40° são já quase tão más como a 90°, diferindo destas, na zona das altas induções, apenas de 10 a 20 %, o que é quase nada se se pensa que se afastam à roda de 300 % das perdas na direcção preferencial. As curvas de Ruess (fig. 5) revelam por outro lado que a zona pior da chapa do ponto de vista direccional é justamente a que se segue a ângulos superiores a 30°, culminando nas direcções da ordem dos 45° a 50°.

A partir desta crítica, o passo seguinte pareceu imediato: o ideal seria que a linha de força não fosse nunca posta em condições de ter de atravessar a chapa segundo ângulos superiores a 30° que, pelas curvas de Ruess, é o limite da zona aceitável de permeabilidade, nas induções altas (visto que o que se passa abaixo de 13.000 gauss não nos interessa). Embora conviesse baixar quanto possível este valor é preciso contar com o condicionalismo geométrico a que estamos sujeitos: a soma dos ângulos de corte deve ser 90°.

Por outro lado, da observação do diagrama polar de perdas (fig. 1), deduz-se que haveria vantagem em limitar os ângulos de afastamento até a um valor na zona entre os 10° e 20°; da da fig. 2, conclui-se que nessa zona as perdas não chegam nunca a ser o dobro das perdas na direcção preferencial.

Para conjugar os condicionamentos anteriores numa solução viável faltava apenas tomar em linha de conta a facilidade de corte e a diminuição do desperdício; e assim surgiu a solução que designamos por *corte a 15°*.

1.5 — Descrição do novo canto

O novo canto (em esquema de princípio na fig. 9) caracteriza-se por se cortarem os topos da coluna e do fecho segundo uma linha que faz com o seu eixo um ângulo de 75°, e se introduzir entre ambos um triângulo equilátero cortado de tal forma que a direcção da laminagem é paralela à base oposta ao vértice que coincide com o vértice

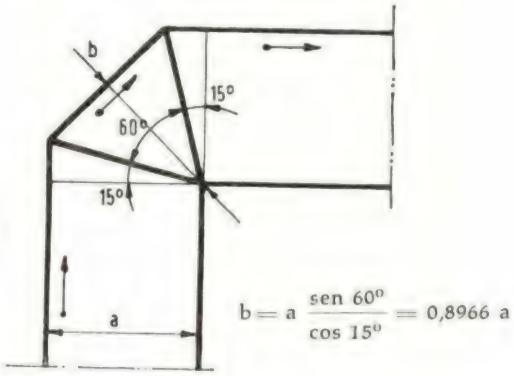


Fig. 9

da janela do núcleo. Na fig. 9, as setas indicam a direcção da laminagem; como se vê a altura do

triângulo b é menor que a largura a da chapa da coluna.

Para realizar a sobreposição necessária nas juntas, que deve ser de 20 a 25 mm, é necessário cortar os triângulos com uma altura superior a b, verificando-se que basta ter o valor a, o que é uma vantagem para a regulação da máquina de corte; a fig. 10 mostra o aspecto que o canto toma na realização oficinal.

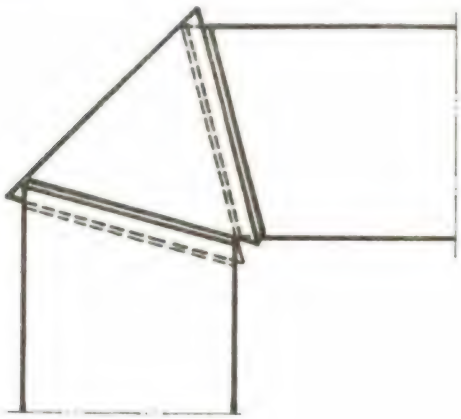


Fig. 10

O desperdício na operação de corte é muito reduzido (fig. 11). Os triângulos não dão desperdício; aliás esse objectivo figurava entre os que presidiram à sua concepção; são cortados

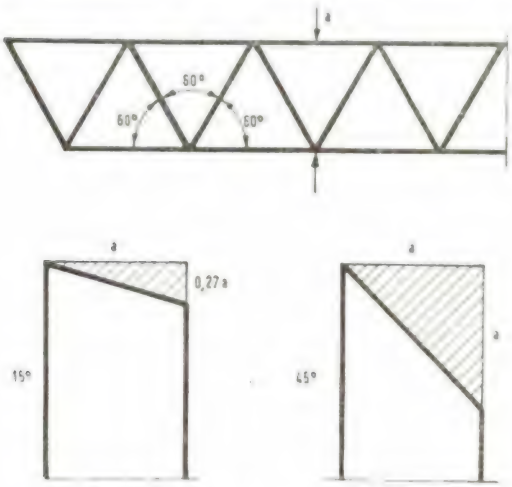


Fig. 11 Corte

de fitas com a mesma largura que a chapa correspondente das colunas, exigindo uma ferramenta de corte (de preferência prensa com cunho e cortante) que não é mais complicada que a equivalente do corte a 45°. Os topos das colunas e fechos são cortados de modo semelhante, mas ocasionam substancialmente menor desperdício que os do corte a 45° quando estes são cortados a partir de rectângulos: como se vê na fig. 11, o desperdício destes elementos no corte a 15° é apenas 27 % do desperdício no corte a 45°.

Quanto à questão da robustez mecânica do núcleo, que se discutirá um pouco mais em 4.4, basta salientar que não parece muito mais difícil de resolver que a do núcleo a 45°: é um problema de montagem a ser atacado com os recursos, que são amplos, da técnica desse sector de fabricação.

Apresentando-se satisfatórios os aspectos construtivos, como acabamos de ver, ficava de pé a análise magnética da nova solução. Como se comportaria o núcleo com o canto a 15° enquanto circuito magnético? Não sabemos (fig. 12) qual é exactamente o percurso das linhas de força, mas é plausível conjecturar que elas coincidem com o eixo das colunas e do jugo, que é a direc-

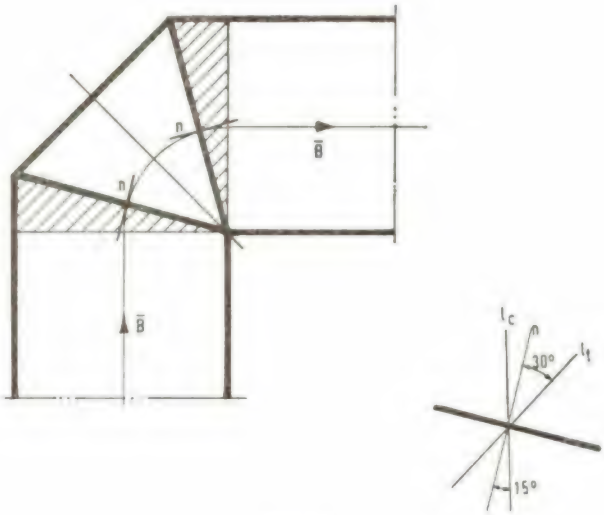


Fig. 12

ção de mais fácil magnetisação, pelo menos até ao começo da zona sombreada. Aí afastar-se-ão sucessivamente até se apresentarem na junta presumìvelmente normais a esta; isto é, passarão por todos os ângulos compreendidos entre 0 e 15°; quer dizer que não ultrapassarão a zona de perdas mais favorável. Supondo que entram nos triângulos normalmente à junta, o ângulo máximo que fazem com a direcção de laminagem é 30°; tenderão provàvelmente a alinhar com a direcção preferencial até voltarem

VÁLVULAS

PASSAGEM • RETENÇÃO • REGULAÇÃO • CUNHA

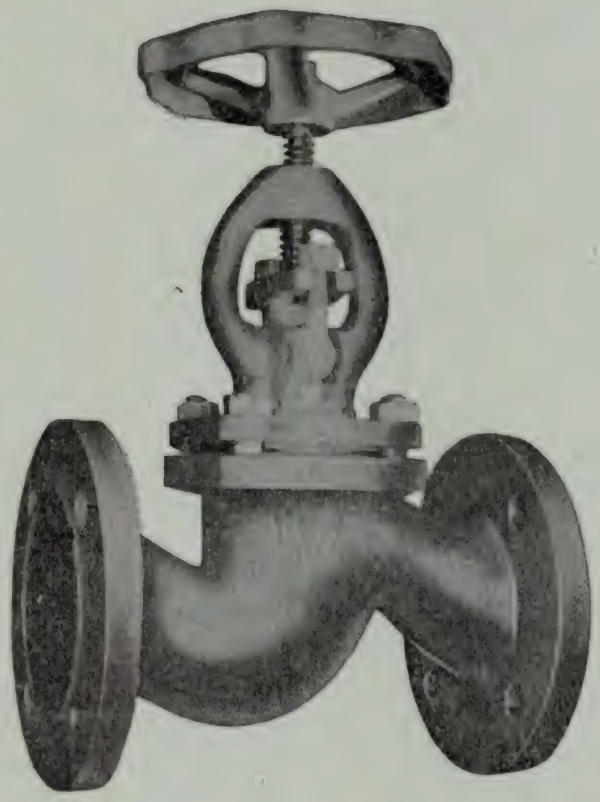
PARA LÍQUIDOS, VAPORES E GASES INCL. **NH_3** E **SO_2**

DN 10 m/m ATÉ 400 m/m
PN 6 a 40 KGS / CM2

CONFORME NORMAS **DIN** E **ASA**

EXECUÇÃO EM FERRO FUNDIDO, FERRO FUNDIDO C/ GRAFITE ESFEROIDAL, AÇO VASADO E AÇO INOXIDÁVEL

VÁLVULAS DE SEGURANÇA, DE REDUÇÃO, COM DIAFRAGMA, ELECTRO-MAGNÉTICAS E VÁLVULAS ESPECIAIS.



·ESTUDOS·
·PROJECTOS·
·ORÇAMENTOS·

SOCIEDADE PORTUGUESA DE VÁLVULAS, L.DA

RUA ACADEMIA DE CIÊNCIAS, 5 — LISBOA
TELEFONES: 31710 / 31718 / 31719

PORTO: PRAÇA D. JOÃO I, 25-1.º — TELEFONE 24771

VÁLVULAS DE QUALIDADE PARA TODAS AS APLICAÇÕES

WORTHINGTON-CORPORATION

U. S. A. e FILIAIS EUROPEIAS

BOMBAS CENTRÍFUGAS:

Horizontais
Verticais para poços profundos
Liga especial para indústrias químicas
Pasta de papel, etc., etc.

BOMBAS ROTATIVAS DE CARRETOS
BOMBAS ALTERNATIVAS A VAPOR
COMPRESSORES DE AR
TURBINAS A VAPOR - CONDENSADORES

REPRESENTANTES e LICENCIADOS

H. VAULTIER & C.ª

"POENSGEN"

(Alemanha Ocidental)

Equipamento completo para lavandarias

Rendimento

Eficiência

Robustez

Representantes em Portugal:

AZEVEDO & PESSI, L.DA

Rua Nova do Almada, 46 LISBOA 2

Tel.: 3 01 32 (6 linhas)

ORGANIZAÇÃO DE ENGENHARIA
AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA

Siderurgia Nacional

- ILUMINAÇÃO EXTERIOR
- INSTALAÇÕES EXTERIORES
- REDE DE CABOS DE POTÊNCIA

Execução integral ou colaboração de:

ELECTRO TÉCNICOS

ELECTROTÉCNICOS REUNIDOS, LDA.

LISBOA

de novo a afastarem-se dela junto da outra junta, para entrarem no jugo; de qualquer modo parece que a gama de orientações por que passam não ultrapassa a compreendida entre 0° e 30°.

Tudo isto fez supor que as perdas magnéticas são menores que no canto a 45°. Há, evidentemente, um certo estrangulamento da área atravessada pelo fluxo, na zona central do triângulo, que chega a ser só cerca de 90 % da área das colunas, e haverá portanto um aumento local da indução; será este inconveniente compensado pelas vantagens de ser a chapa atravessada em melhores condições? Hadamard, numa famosa carta a Borel, dizia que «la raison n'a jamais eu par objet que de légitimer et de sanctionner les conquêtes de l'intuition». Substitua-se razão por experimentação, nesta frase, e tem-se o programa do presente trabalho.

(Continua)

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País*

I — Breve nota mensal

Sob o ponto de vista hidrológico, o mês de Outubro apresentou-se, no conjunto, um pouco acima da média.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1960	1961	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	272,7	275,8	+ 1
Produção térmica (P_t)	0,0	16,2	—
Produção total (P_T)	272,2	29,2	+ 7
Exportações (Ex)	—	0,0	—
Importações (I)	—	0,0	—
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) . .	66,3	55,8	— 16
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	206,4	236,2	+14,4 (2)

b) Acumulados desde 1 de Janeiro (GWh)

	1960	1961	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	2928,6	2711,8	+ 12
Produção térmica (P_t)	43,3	59,3	+ 38
Produção total (P_T)	2471,9	2771,4	+ 12
Exportações (Ex)	—	0,2	—
Importações (I)	—	0,2	—
Produção para consumo não perman. (P_{cnp}) . .	533,4	590,1	+ 11
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	1938,5	2181,3	+12,5 (2)

NOTAS:

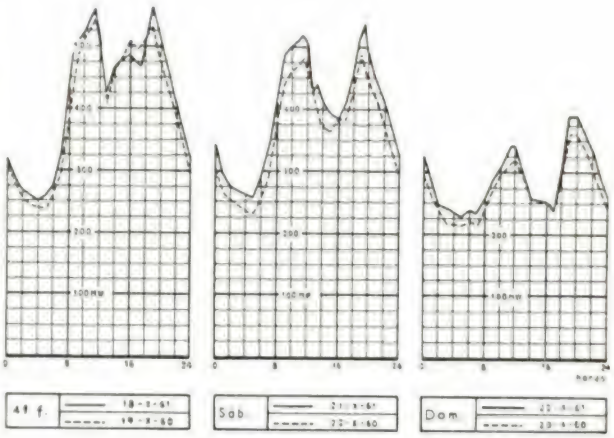
(1) A produção para consumos permanentes (P_{cp}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{CP} = P_T - P_{cnp} + 1 - E_X$

(2) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, é respectivamente de 15,2 e 13,3 %.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 19-10-960	4.ª feira: 18-10-961
Produção hidráulica (P_h) — MWh	9712	9081
Produção térmica (P_t) — MWh . .	0	970
Produção total (P_T) — MWh . . .	9712	10051
Produção para consumos não permanentes — MWh	2083	1740
Potência máxima MW	542,5	560,0
Potência mínima MW	236,5	251,0
Utilização da ponta (U) — horas	17,9	17,9
Factor de carga (α)	0,75	0,73
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,44	0,45

OUTUBRO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês GWh	No fim do mês % (1)
Paradela	93,5	42,0
Venda Nova	33,1	25,9
Salamonde	25,5	92,4
Caniçada	20,0	60,4
Cabril	54,4	16,0
Castelo do Bode	74,2	45,5
Guilhofrei	4,4	53,0
Lagoa Comprida	14,3 (2)	48,0
Santa Luzia	20,9	33,9
Pracana	2,6	20,2
Póvoa	2,4 (3)	15,4
Total . . .	345,3	33,1

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 0,2 GWh armazenados em Vale do Rossim no fim do mês.

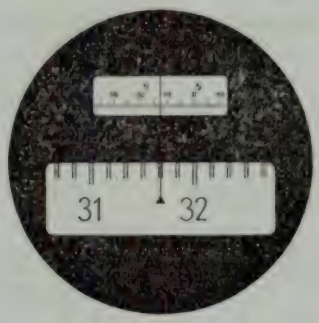
(3) Inclui 0,8 GWh armazenados no açude do Poio no fim do mês.

TEODOLITO DE SEGUNDOS FT2

Otto-Fennel

Para triangulações de segunda e terceira ordens, poligonação de precisão, orientação e medidas astronómicas de ligação, levantamentos subterrâneos e todos os trabalhos de precisão em geral

- Óculo reversível
- Leitura por sistema directo
- Óptica tratada de grande luminosidade



CARACTERÍSTICAS

Telescópio — Analáctico com focagem interna; óptica tratada; comprimento 175 mm; ampliação 30 x; abertura da objectiva 40 mm; distância mínima de mira 1,25 m; constante de adição zero; constante de multiplicação 100.

Níveis — Circular 8′; de horizontalidade, paralelo ao eixo de inclinação 20″; de coincidência no círculo vertical 20″.

Círculo horizontal — Diâmetro 90 mm; leitura directa 1″ — 2^{cc}; leitura por avaliação 0,1″ — 0,2^{cc}.

Círculo vertical — Diâmetro 70 mm; leitura directa 1″ — 2^{cc}; leitura por avaliação 0,1″ — 0,2^{cc}.

Tripé extensível; caixa metálica com pequenos acessórios.

Pesos: instrumento 6,5 kg; tripé 6 kg; caixa metálica 4,5 kg.

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES — S. A. R. L.

L. DO RATO, 13 — TEL. 68 21 31 / 39 — R. DO OURO, 145 — TEL. 2 83 61 / 2 60 66

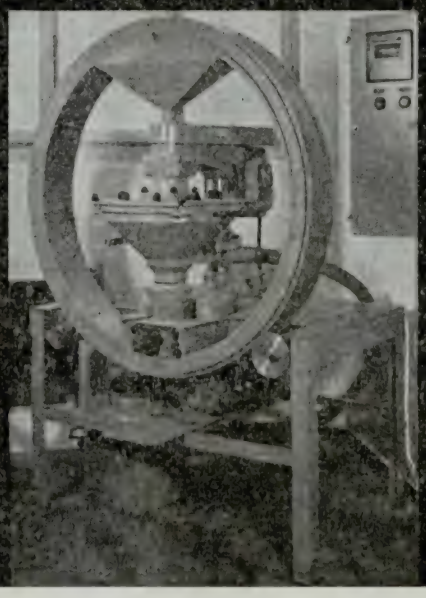
LISBOA

Os ensaios de abrasivos: fonte de economias

+GF+

Os abrasivos metálicos de todos os géneros abundam no mercado. Uma prova objectiva destes custosos produtos impõese para estabelecer se eles correspondem ao fim visado.

Prospectos detalhados da nova instalação +GF+ de ensaio de abrasivos será enviada sob pedido.



Georges Fischer Sociedade Anónima, Schaffhouse (Suiça)

Telescriptôr: 52915 geofischer schf

Sociedade Comercial ROMAR Lda. Rua da Boavista, 83-1° D Lisboa

GM 1286/5

C. D. U. 621.8.024.7

Estudo dinâmico do mecanismo de accionamento por prato oscilante

(Conclusão)

PELO Eng.º Mec. I. S. T. JORGE NEVES DA SILVA
Assistente do I. S. T.

3. ESTUDO DO MODELO MECÂNICO SEM ROTAÇÃO DO PRATO

3.1 — MODELO FÍSICO

Fazendo as mesmas considerações que em 2.1, obtemos o modelo representado na fig. 17, em que

X pertence a (yoz)
B » » (xoy)

$\overline{OB} = \overline{OX} = \overline{OA} = R$

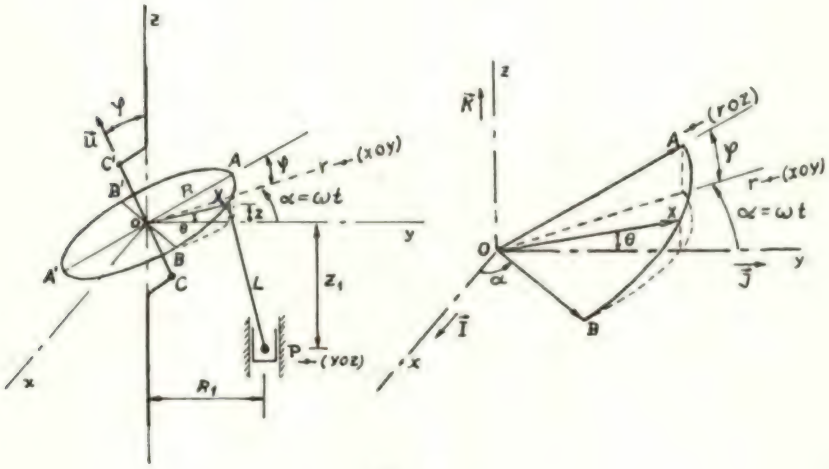


Fig. 17

3.2 — MODELO MATEMÁTICO

3.2.0 — *Interessa-nos determinar a função*

$$z_1 (\alpha)$$

relação entre a posição axial do êmbolo (definida por z_1) e a posição angular da cambota (α) em relação ao referencial indicado na fig. 17, fazendo intervir um parâmetro (φ) que define a inclinação da cambota. Começaremos no entanto por estudar a função

$$z (\alpha)$$

que relaciona a posição do ponto de ligação biela-disco (X) com o referido ângulo (α), para, numa segunda fase, obter a primeira expressão pela relação

$$z_1 (\alpha)$$

3.2.1 — *Determinação de* z (α)

Designando por A a posição mais elevada de X — P. M. S. — e por B a posição de X no plano (xoy), podemos definir 3 vectores complanares:

$$\begin{cases} \overrightarrow{OA} = -R\cos\varphi\,\text{sen}\,\alpha\,.\,\vec{I} + R\cos\varphi\cos\alpha\,.\,\vec{J} + R\,\text{sen}\,\varphi\,.\,\vec{K} \\ \overrightarrow{OX} = R\cos\theta\,.\,\vec{J} + R\,\text{sen}\,\theta\,.\,\vec{K} \\ \overrightarrow{OB} = R\cos\alpha\,.\,\vec{I} + R\,\text{sen}\,\alpha\,.\,\vec{J} \end{cases} \tag{41}$$

e portanto

$$\overrightarrow{OA} \wedge \overrightarrow{OX} / \overrightarrow{OB} = 0 \tag{42}$$

ou

$$\begin{vmatrix} -R\cos\varphi\,\text{sen}\,\alpha & R\cos\varphi\cos\alpha & R\,\text{sen}\,\varphi \\ 0 & R\cos\theta & R\,\text{sen}\,\theta \\ R\cos\alpha & R\,\text{sen}\,\alpha & 0 \end{vmatrix} = 0 \tag{42'}$$

$$R^3\cos\varphi\cos^2\alpha\,\text{sen}\,\theta - R^3\,\text{sen}\,\varphi\cos\alpha\cos\theta + R^3\cos\varphi\,\text{sen}^2\alpha\,\text{sen}\,\theta = 0$$

donde resulta

$$\text{tg}\,\theta = \text{tg}\,\varphi\cos\alpha \tag{43}$$

Por outro lado, da fig. 17 tiramos que

$$z = R\,\text{sen}\,\theta = R\,\frac{\text{tg}\,\theta}{\sqrt{1+\text{tg}^2\,\theta}} \tag{44}$$

Logo

$$z = R\,\frac{\text{tg}\,\varphi\cos\alpha}{\sqrt{1+\text{tg}^2\,\varphi\cos^2\alpha}} \tag{45}$$

3.2.2 — *Determinação de* z_1 (z)

Segundo o referido desenho, os pontos X e Y, este último ponto de articulação biela-êmbolo, serão definidos por

$$X\begin{cases} x_X = 0 \\ y_X = \sqrt{R^2 - z^2} \\ z_X = z \end{cases} \tag{46}$$

$$Y\begin{cases} x_Y = 0 \\ y_Y = R_1 \\ z_Y = z_1 \end{cases} \tag{47}$$

Sendo $L = \overline{XY}$ o comprimento da biela, teremos

$$L^2 = (\sqrt{R^2 - z^2} - R_1)^2 + (z - z_1)^2 \tag{48}$$

$$z_1 = z - \sqrt{L^2 - \left[R\sqrt{1-\left(\frac{z}{R}\right)^2} - R_1\right]^2} \tag{49}$$

3.2.3 — *Determinação de* z_1 (α)

Finalmente poderemos exprimir z_1 (α) por substituição de (45) em (49):

$$z_1 = R\,\frac{\text{tg}\,\varphi\cos\alpha}{\sqrt{1+\text{tg}^2\,\varphi\cos^2\alpha}} - \sqrt{L^2 - \left(R\,\frac{1}{\sqrt{1+\text{tg}^2\,\varphi\cos^2\alpha}} - R_1\right)^2} \tag{50}$$

expressão que relaciona o deslocamento do êmbolo (z_1) com a posição angular da cambota (α). Podemos simplificá-la, adoptando coeficientes que definem grandezas relativas de L, R_1 e R. Assim, se

$$\begin{cases} \lambda = \dfrac{R}{L} \\ \mu = \dfrac{R}{R_1} \end{cases} \tag{51}$$

ficará

$$z_1 = R\left[\frac{\operatorname{tg}\varphi\cos\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}} - \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \left(\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}} - \frac{1}{\mu}\right)^2}\right] \tag{52}$$

3.2.4 — *Expressão de z_1 em função de cosenos de arcos múltiplos de α*

Como se pode verificar, a expressão (52) é de difícil tratamento embora tenha fácil representação gráfica. As suas derivadas de 1.ª e 2.ª ordens, que em relação ao tempo representam a velocidade e a aceleração respectivamente, também são de fácil obtenção, mas virão tão complicadas que é quase impossível estudar o equilíbrio dos mecanismos por seu intermédio.

Torna-se pois necessário transformar esta expressão (52) num desenvolvimento em série de cosenos de arcos múltiplos de α.

3.2.4.1 — *Desenvolvimento de* $\dfrac{\operatorname{tg}\varphi\cos\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}}$

Desenvolvendo segundo o binómio de Newton, dado que na prática é sempre $\varphi \leqslant 30^\circ$ e portanto $\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha \ll 1$, será:

$$\begin{aligned} \frac{\operatorname{tg}\varphi\cos\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}} &= \operatorname{tg}\varphi\cos\alpha\left[1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha\right]^{-\frac{1}{2}} = \\ &= \operatorname{tg}\varphi\cos\alpha\left[1-\frac{1}{2}\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha+\frac{3}{8}\operatorname{tg}^4\varphi\cos^4\alpha-\right. \\ &\left.-\frac{5}{16}\operatorname{tg}^6\varphi\cos^6\alpha+\frac{35}{128}\operatorname{tg}^8\varphi\cos^8\alpha-\ldots\right] \end{aligned} \tag{53}$$

Tendo em atenção que

$$\begin{aligned} \cos^3\alpha &= \frac{1}{2^2}\cos 3\alpha+\frac{3}{2^2}\cos\alpha \\ \cos^5\alpha &= \frac{1}{2^4}\cos 5\alpha+\frac{5}{2^4}\cos 3\alpha+\frac{10}{2^4}\cos\alpha \\ \cos^7\alpha &= \frac{1}{2^6}\cos 7\alpha+\frac{7}{2^6}\cos 5\alpha+\frac{21}{2^6}\cos 3\alpha+\frac{35}{2^6}\cos\alpha \\ \cos^9\alpha &= \frac{1}{2^8}\cos 9\alpha+\frac{9}{2^8}\cos 7\alpha+\frac{36}{2^8}\cos 5\alpha+\frac{84}{2^8}\cos 3\alpha+\frac{126}{2^8}\cos\alpha \\ \cos^{11}\alpha &= \ldots \\ &\ldots \end{aligned} \tag{54}$$

substituindo virá

$$\frac{\operatorname{tg}\varphi\cos\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}} = A_1\cos\alpha + A_3\cos 3\alpha + A_5\cos 5\alpha + A_7\cos 7\alpha + A_9\cos 9\alpha + \ldots \tag{55}$$

em que

$$A_1 = \operatorname{tg}\varphi - \frac{3}{2^3}\operatorname{tg}^3\varphi + \frac{15}{2^6}\operatorname{tg}^5\varphi - \frac{175}{2^{10}}\operatorname{tg}^7\varphi + \frac{2205}{2^{14}}\operatorname{tg}^9\varphi - \ldots$$

$$A_3 = -\frac{1}{2^3}\operatorname{tg}^3\varphi + \frac{15}{2^7}\operatorname{tg}^5\varphi - \frac{105}{2^{10}}\operatorname{tg}^7\varphi + \frac{735}{2^{13}}\operatorname{tg}^9\varphi - \ldots$$

$$A_5 = \frac{3}{2^7}\operatorname{tg}^5\varphi - \frac{35}{2^{10}}\operatorname{tg}^7\varphi + \frac{315}{2^{13}}\operatorname{tg}^9\varphi - \ldots \tag{56}$$

$$A_7 = -\frac{5}{2^{10}}\operatorname{tg}^7\varphi + \frac{315}{2^{15}}\operatorname{tg}^9\varphi - \ldots$$

$$A_9 = \frac{35}{2^{15}}\operatorname{tg}^9\varphi - \ldots$$

$$\ldots$$

3.2.4.2 — *Desenvolvimento de* $\sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \left(\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}} - \frac{1}{\mu}\right)^2}$

Aplicando o processo anterior, e pelas mesmas razões, teremos:

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \left(\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}} - \frac{1}{\mu}\right)^2} = \frac{1}{\lambda}\left[1 - \left(\frac{\lambda}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}} - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \frac{1}{\lambda}\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{}} - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2 - \frac{1}{8}\left(\frac{1}{\sqrt{}} - \frac{\lambda}{\mu}\right)^4 - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{16}\left(\frac{\lambda}{\sqrt{}} - \frac{\lambda}{\mu}\right)^6 - \frac{5}{128}\left(\frac{\lambda}{\sqrt{}} - \frac{\lambda}{\mu}\right)^8 - \ldots\right] =$$

$$= \frac{1}{\lambda} - \frac{\lambda}{2}\,\frac{1}{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha} + \frac{\lambda}{\mu}\,\frac{1}{\sqrt{}} - \frac{\lambda}{2\mu^2} - \frac{\lambda^3}{8}\,\frac{1}{()} +$$

$$+ \frac{\lambda^3}{2\mu}\,\frac{1}{(\sqrt{})^3} - \frac{3\lambda^3}{4\mu^2}\,\frac{1}{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha} + \frac{\lambda^3}{2\mu^3}\,\frac{1}{\sqrt{}} -$$

$$- \frac{\lambda^3}{8\mu^4} - \frac{\lambda^5}{16}\,\frac{1}{()^3} + \frac{3\lambda^5}{8\mu}\,\frac{1}{(\sqrt{})^5} - \frac{15\lambda^5}{16\mu^2}\,\frac{1}{()^2} +$$

$$+ \frac{5\lambda^5}{4\mu^3}\,\frac{1}{(\sqrt{})^3} - \frac{15\lambda^5}{16\mu^4}\,\frac{1}{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha} + \frac{3\lambda^5}{8\mu^5}\,\frac{1}{\sqrt{}} -$$

$$- \frac{\lambda^5}{16\mu^6} - \frac{5\lambda^7}{128}\,\frac{1}{()^4} + \frac{5\lambda^7}{16\mu}\,\frac{1}{(\sqrt{})^7} - \frac{35\lambda^7}{32\mu^2}\,\frac{1}{()^3} +$$

$$+ \frac{35\lambda^7}{16\mu^3}\,\frac{1}{(\sqrt{})^5} - \frac{175\lambda^7}{64\mu^4}\,\frac{1}{()^2} + \frac{35\lambda^7}{16\mu^5}\,\frac{1}{(\sqrt{})^3} -$$

$$- \frac{35\lambda^7}{32\mu^6}\,\frac{1}{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha} + \frac{5\lambda^7}{16\mu^7}\,\frac{1}{\sqrt{}} - \frac{5\lambda^7}{128\mu^8} - \ldots =$$

$$= B_0 + B_1\,\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha}} + B_2\,\frac{1}{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha} +$$

$$+ B_3\,\frac{1}{(\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha})^3} + B_4\,\frac{1}{(1+\operatorname{tg}^2\varphi\cos^2\alpha)^2} +$$

$$+ B_5 \frac{1}{(\sqrt{1 + tg^2 \varphi \cos^2 \alpha})^5} + B_6 \frac{1}{(1 + tg^2 \varphi \cos^2 \alpha)^3} + \ldots \tag{57}$$

em que

$$\begin{aligned}
B_0 &= \frac{1}{\lambda} - \frac{\lambda}{2\mu^2} - \frac{\lambda^3}{8\mu^4} - \frac{\lambda^5}{16\mu^6} - \frac{5\lambda^7}{128\mu^8} - \ldots \\
B_1 &= \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^3}{2\mu^3} + \frac{3\lambda^5}{8\mu^5} + \frac{5\lambda^7}{16\mu^7} + \ldots \\
B_2 &= -\frac{\lambda}{2} - \frac{3\lambda^3}{4\mu^2} - \frac{15\lambda^5}{16\mu^4} - \frac{35\lambda^7}{32\mu^6} - \ldots \\
B_3 &= \frac{\lambda^3}{2\mu} + \frac{5\lambda^5}{4\mu^3} + \frac{35\lambda^7}{16\mu^5} + \ldots \\
B_4 &= -\frac{\lambda^3}{8} - \frac{15\lambda^5}{16\mu^2} - \frac{175\lambda^7}{64\mu^4} - \ldots \\
B_5 &= \frac{3\lambda^5}{8\mu} + \frac{35\lambda^7}{16\mu^3} + \ldots \\
B_6 &= -\frac{\lambda^5}{16} - \frac{35\lambda^7}{32\mu^2} - \ldots \\
&\ldots
\end{aligned} \tag{58}$$

3.2.4.3 — *Desenvolvimento de* $\dfrac{1}{\sqrt{1 + tg^2 \varphi \cos^2 \alpha}}$

Usando ainda o desenvolvimento em binómio de Newton, temos:

$$\frac{1}{\sqrt{1 + tg^2 \varphi \cos^2 \alpha}} = 1 - \frac{1}{2} tg^2 \varphi \cos^2 \alpha + \frac{3}{8} tg^4 \varphi \cos^4 \alpha - \frac{5}{16} tg^6 \varphi \cos^6 \alpha + \\ + \frac{35}{128} tg^8 \varphi \cos^8 \alpha - \ldots \tag{59}$$

e como

$$\begin{aligned}
\cos^2 \alpha &= \frac{1}{2} \cos 2\alpha + \frac{1}{2} \\
\cos^4 \alpha &= \frac{1}{8} \cos 4\alpha + \frac{1}{2} \cos 2\alpha + \frac{3}{8} \\
\cos^6 \alpha &= \frac{1}{32} \cos 6\alpha + \frac{3}{16} \cos 4\alpha + \frac{15}{32} \cos 2\alpha + \frac{5}{16} \\
\cos^8 \alpha &= \frac{1}{128} \cos 8\alpha + \frac{1}{16} \cos 6\alpha + \frac{7}{32} \cos 4\alpha + \frac{7}{16} \cos 2\alpha + \frac{35}{128}
\end{aligned} \tag{60}$$

vem

$$\frac{1}{\sqrt{1 + tg^2 \varphi \cos^2 \alpha}} = C_{1.0} + C_{1.2} \cos 2\alpha + C_{1.4} \cos 4\alpha + C_{1.6} \cos 6\alpha + \ldots \tag{61}$$

com

$$\begin{aligned}
C_{1.0} &= 1 - \frac{1}{2^2} tg^2 \varphi + \frac{9}{2^6} tg^4 \varphi - \frac{25}{2^8} tg^6 \varphi + \frac{1225}{2^{14}} tg^8 \varphi - \ldots \\
C_{1.2} &= -\frac{1}{2^2} tg^2 \varphi + \frac{3}{2^4} tg^4 \varphi - \frac{75}{2^9} tg^6 \varphi + \frac{245}{2^{12}} tg^8 \varphi - \ldots \\
C_{1.4} &= \frac{3}{2^6} tg^4 \varphi - \frac{15}{2^8} tg^6 \varphi + \frac{245}{2^{13}} tg^8 \varphi - \ldots
\end{aligned} \tag{62}$$

$$C_{1.6} = -\frac{5}{2^9}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{35}{2^{11}}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots$$

$$C_{1.8} = \frac{35}{2^{14}}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots$$

$$\ldots$$

3.2.4.4 — *Desenvolvimento de* $\dfrac{1}{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi\,\cos^2\alpha}$

Tal como anteriormente, e tendo em atenção (60):

$$\frac{1}{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi\,\cos^2\alpha} = 1 - \mathrm{tg}^2\,\varphi\,\cos^2\alpha + \mathrm{tg}^4\,\varphi\,\cos^4\alpha - \mathrm{tg}^6\,\varphi\,\cos^6\alpha + \mathrm{tg}^8\,\varphi\,\cos^8\alpha - \ldots =$$
$$= C_{2.0} + C_{2.2}\cos 2\alpha + C_{2.4}\cos 4\alpha + C_{2.6}\cos 6\alpha + \ldots \tag{63}$$

com

$$C_{2.0} = 1 - \frac{1}{2}\,\mathrm{tg}^2\,\varphi + \frac{3}{2^3}\,\mathrm{tg}^4\,\varphi - \frac{5}{2^4}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{35}{2^7}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots$$

$$C_{2.2} = -\frac{1}{2}\,\mathrm{tg}^2\,\varphi + \frac{1}{2}\,\mathrm{tg}^4\,\varphi - \frac{5}{2^5}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{7}{2^4}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots$$

$$C_{2.4} = \frac{1}{2^3}\,\mathrm{tg}^4\,\varphi - \frac{3}{2^4}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{7}{2^5}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots \tag{64}$$

$$C_{2.6} = -\frac{1}{2^5}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{1}{2^4}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots$$

$$C_{2.8} = \frac{1}{2^7}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots$$

$$\ldots$$

3.2.4.5 — *Desenvolvimento de* $\dfrac{1}{(\sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi\,\cos^2\alpha})^3}$

Da mesma maneira:

$$\frac{1}{(\sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi\,\cos^2\alpha})^3} = 1 - \frac{3}{2}\,\mathrm{tg}^2\,\varphi\,\cos^2\alpha + \frac{15}{8}\,\mathrm{tg}^4\,\varphi\,\cos^4\alpha - \frac{35}{16}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi\,\cos^6\alpha +$$
$$+ \frac{315}{128}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi\,\cos^8\alpha - \ldots =$$
$$= C_{3.0} + C_{3.2}\cos 2\alpha + C_{3.4}\cos 4\alpha + C_{3.6}\cos 6\alpha + \ldots \tag{65}$$

com

$$C_{3.0} = 1 - \frac{3}{2^2}\,\mathrm{tg}^2\,\varphi + \frac{45}{2^6}\,\mathrm{tg}^4\,\varphi - \frac{175}{2^8}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{11025}{2^{14}}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots$$

$$C_{3.2} = -\frac{3}{2^2}\,\mathrm{tg}^2\,\varphi + \frac{15}{2^4}\,\mathrm{tg}^4\,\varphi - \frac{525}{2^9}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{2205}{2^{11}}\,\mathrm{tg}\,\varphi - \ldots$$

$$C_{3.4} = \frac{15}{2^6}\,\mathrm{tg}^4\,\varphi - \frac{105}{2^8}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{2205}{2^{12}}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots \tag{66}$$

$$C_{3.6} = -\frac{35}{2^9}\,\mathrm{tg}^6\,\varphi + \frac{315}{2^{11}}\,\mathrm{tg}^8\,\varphi - \ldots$$

$$C_{3.8} = \frac{315}{2^{14}} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$\ldots$$

3.2.4.6 — *Desenvolvimento de* $\dfrac{1}{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha)^2}$

Como anteriormente:

$$\frac{1}{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha)^2} = 1 - 2 \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha + 3 \operatorname{tg}^4 \varphi \cos^4 \alpha - 4 \operatorname{tg}^6 \varphi \cos^6 \alpha + 5 \operatorname{tg}^8 \varphi \cos^8 \alpha - \ldots =$$

$$= C_{4.0} + C_{4.2} \cos 2\alpha + C_{4.4} \cos 4\alpha + C_{4.6} \cos 6\alpha + \ldots \tag{67}$$

com

$$C_{4.0} = 1 - \operatorname{tg}^2 \varphi + \frac{9}{2^3} \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{5}{2^2} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{175}{2^7} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{4.2} = - \operatorname{tg}^2 \varphi + \frac{3}{2} \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{15}{2^3} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{35}{2^4} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{4.4} = \frac{3}{2^3} \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{3}{2^2} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{35}{2^5} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots \tag{68}$$

$$C_{4.6} = - \frac{1}{2^3} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{5}{2^4} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{4.8} = \frac{5}{2^7} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$\ldots$$

3.2.4.7 — *Desenvolvimento de* $\dfrac{1}{(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha})^5}$

$$\frac{1}{(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha})^5} = 1 - \frac{5}{2} \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha + \frac{35}{2^3} \operatorname{tg}^4 \varphi \cos^4 \alpha - \frac{105}{2^4} \operatorname{tg}^6 \varphi \cos^6 \alpha +$$

$$+ \frac{1155}{2^7} \operatorname{tg}^8 \cos^8 \alpha - \ldots =$$

$$= C_{5.0} + C_{5.2} \cos 2\alpha + C_{5.4} \cos 4\alpha + C_{5.6} \cos 6\alpha + \ldots \tag{69}$$

com

$$C_{5.0} = 1 - \frac{5}{2^2} \operatorname{tg}^2 \varphi + \frac{105}{2^6} \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{525}{2^8} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{40425}{2^{14}} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{5.2} = - \frac{5}{2^2} \operatorname{tg}^2 \varphi + \frac{35}{2^4} \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{1575}{2^9} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{8085}{2^{11}} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{5.4} = \frac{35}{2^6} \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{315}{2^8} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{8085}{2^{12}} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots \tag{70}$$

$$C_{5.6} = - \frac{105}{2^9} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{1155}{2^{11}} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{5.8} = \frac{1155}{2^{14}} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$\ldots$$

3.2.4.8 — *Desenvolvimento de* $\dfrac{1}{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha)^3}$

$$\frac{1}{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha)^4} = 1 - 3 \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha + 6 \operatorname{tg}^4 \varphi \cos^4 \alpha - 10 \operatorname{tg}^6 \varphi \cos^6 \alpha +$$
$$+ 15 \operatorname{tg}^8 \varphi \cos^8 \alpha - \ldots =$$
$$= C_{6.0} + C_{6.2} \cos 2\alpha + C_{6.4} \cos 4\alpha + C_{6.6} \cos 6\alpha + \ldots \tag{71}$$

com

$$C_{6.0} = 1 - \frac{3}{2} \operatorname{tg}^2 \varphi + \frac{9}{2^2} \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{25}{2^3} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{525}{2^7} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{6.2} = - \frac{3}{2} \operatorname{tg}^2 \varphi + 3 \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{75}{2^4} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{105}{2^4} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{6.4} = \frac{3}{2^2} \operatorname{tg}^4 \varphi - \frac{15}{2^3} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{105}{2^5} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots \tag{72}$$

$$C_{6.6} = - \frac{5}{2^4} \operatorname{tg}^6 \varphi + \frac{15}{2^4} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$C_{6.8} = \frac{15}{2^7} \operatorname{tg}^8 \varphi - \ldots$$

$$\ldots$$

3.2.4.9 — Voltando à equação (57) e substituindo os valores das expressões (61), (63), (65), (67), (69) e (71), virá:

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha}} - \frac{1}{\mu}\right)^2} = - A_0 - A_2 \cos 2\alpha - A_4 \cos 4\alpha - A_6 \cos 6\alpha -$$
$$- A_8 \cos 8\alpha - \ldots \tag{73}$$

com

$$\begin{aligned}
- A_0 &= B_0 + B_1 C_{1.0} + B_2 C_{2.0} + B_3 C_{3.0} + B_4 C_{4.0} + B_5 C_{5.0} + B_6 C_{6.0} + \ldots \\
- A_2 &= B_1 C_{1.2} + B_2 C_{2.2} + B_3 C_{3.2} + B_4 C_{4.2} + B_5 C_{5.2} + B_6 C_{6.2} + \ldots \\
- A_4 &= B_1 C_{1.4} + B_2 C_{2.4} + B_3 C_{3.4} + B_4 C_{4.4} + B_5 C_{5.4} + B_6 C_{6.4} + \ldots \\
- A_6 &= B_1 C_{1.6} + B_2 C_{2.6} + B_3 C_{3.6} + B_4 C_{4.6} + B_5 C_{5.6} + B_6 C_{6.6} + \ldots \\
- A_8 &= B_1 C_{1.8} + B_2 C_{2.8} + B_3 C_{3.8} + B_4 C_{4.8} + B_5 C_{5.8} + B_6 C_{6.8} + \ldots
\end{aligned} \tag{74}$$

Todas as séries que compõem estes coeficientes serão mais ou menos convergentes consoante os valores de λ, μ e φ, e portanto o número de termos a tomar para cumprir o rigor exigido variará com a alteração daqueles parâmetros. Voltaremos a este assunto num próximo artigo em que será apresentada a resolução numérica, para um dado conjunto de parâmetros λ, μ e φ, a menos um erro previsto.

3.2.5 — A função $z_1(\alpha)$ pode agora ser representada, somando (55) com (73):

$$\vec{z_1} = R\,[A_0 + A_1 \cos \alpha + A_2 \cos 2\alpha + A_3 \cos 3\alpha + A_4 \cos 4\alpha + \ldots]\,\vec{K} = R \sum_{i=0}^{\infty} A_i \cos i\alpha\,\vec{K} \tag{75}$$

em que por sua vez

$$A_{2j} = \sum_{k=0}^{\infty} B_k\, C_{k.2j}$$

VIADUTO DE SACAVÉM

NA AUTO-ESTRADA DO NORTE

Aspecto durante a execução dos ensaios de carga efectuados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Construções Técnicas, Ld.a

SEDE: PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3.º — LISBOA

TELEFS. 36 65 06 (4 LINHAS)

AÇO TOR

O AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA
PARA BETÃO ARMADO COM
MAIOR VENDA NO MUNDO

TENSÃO DE SEGURANÇA 2.400 Kg/cm²
SEM GANCHOS

Especifique
AÇO TOR
com o símbolo

SOABAL – SOCIEDADE DE AÇOS PARA BETÃO ARMADO, LDA.
RUA JOAQUIM BONIFÁCIO, 2, 1.º — TELEF. 4 05 66 — LISBOA

e sendo $C_{k\,2j}$ e A_{2j+1} coeficientes constituídos por séries infinitas alternadas e B_k coeficientes constituídos por séries infinitas monotónicas.

3.3 — ANÁLISE DO MOVIMENTO

3.3.1 — *Deslocamento do êmbolo em função do tempo*

Supondo, como em 2.3.1, uma velocidade angular ω constante, será

$$\alpha = \omega\, t$$

e, substituindo em (75), vem

$$\vec{z_1} = R \sum_{i=0}^{\infty} A_i \cos (i\,\omega\, t) \,.\, \vec{K} \tag{76}$$

A amplitude do movimento do êmbolo (curso), pode calcular-se determinando os máximos e mínimos da função $\vec{z_1}$ (t):

$$\frac{d\,z_1}{d\,t} = R\,\omega \sum_{i=1}^{\infty} i\,A_i \operatorname{sen} (i\,\omega\, t) = 0$$

Esta equação verifica-se para

$$\omega\, t = k\,.\,\pi \qquad (k = 0,\ 1,\ 2\ \ldots)$$

e basta-nos agora a simples observação da fig. 17 para assegurar que z_1 (t) é máxima para $\omega\, t = 2\,k_1\,\pi$ e mínima para $\omega\, t = (2\,k_1 + 1)\,\pi$.

Chamando c ao curso do êmbolo virá:

$$c = |z_1|_{\text{máx}} - |z_1|_{\text{min}} = R \sum_{i=0}^{\infty} \left[A_i \cos i\,2\,k_1\,\pi - A_i \cos i\,(2\,k_1 + 1)\,\pi \right] =$$

$$= 2\,R \left[A_1 + A_3 + A_5 + \ldots + A_{2n+1} + \ldots \right] = 2\,R\,.\operatorname{sen} \varphi \tag{77}$$

tendo em atenção a expressão (55) para $\alpha = 0$.

3.3.2 — *Velocidade do êmbolo*

$$\vec{v_1} = \frac{d\vec{z_1}}{d\,t} = -\,R\,\omega \sum_{i=1}^{\infty} i\,A_i \operatorname{sen} (i\,\omega\, t)\,.\,\vec{K} \tag{78}$$

A determinação da função $\vec{v_1}$ (z_1) só é pràticamente possível por processos gráficos.

3.3.3 — *Aceleração do êmbolo*

$$\vec{a_1} = \frac{d\,\vec{v_1}}{d\,t} = \frac{d^2\,\vec{z_1}}{d\,t^2} = -\,R\,\omega^2 \sum_{i=1}^{\infty} i^2\,A_i \cos (i\,\omega\, t)\,.\,\vec{K} \tag{79}$$

Também a função a_1 (z_1) só se poderá determinar com facilidade por processos gráficos.

3.3.4 — *Representação gráfica das funções*

3.3.4.1 — *Representação de z_1 (t)*

Na fig. 18 apresentam-se as curvas referentes à

$$A \begin{cases} \mu = 1 \\ \lambda = \dfrac{1}{3} \\ \varphi = 30^\circ \end{cases} \qquad B \begin{cases} \mu = 1 \\ \lambda = \dfrac{1}{2} \\ \varphi = 30^\circ \end{cases} \qquad C \begin{cases} \mu = \dfrac{2}{3} \\ \lambda = \dfrac{1}{3} \\ \varphi = 30^\circ \end{cases} \qquad D \begin{cases} \mu = 1 \\ \lambda = \dfrac{1}{3} \\ \varphi = 20^\circ \end{cases}$$

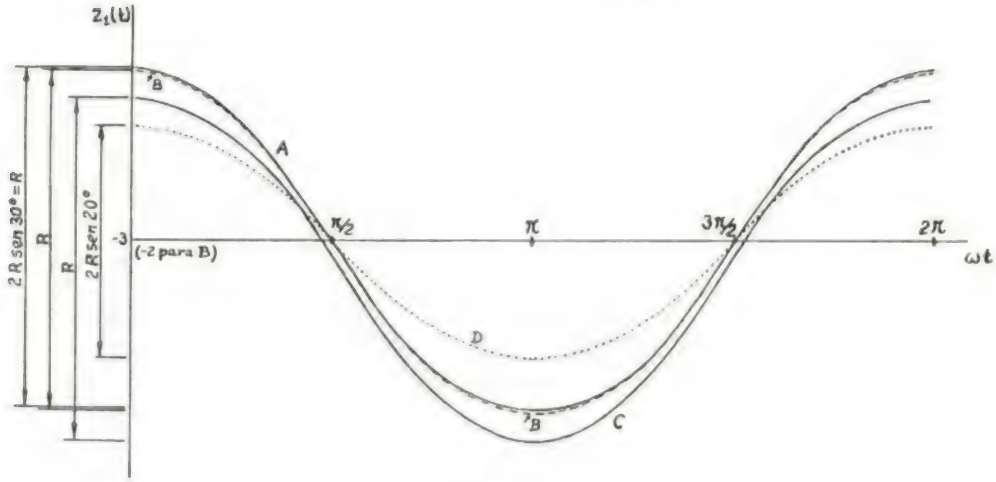


Fig. 18

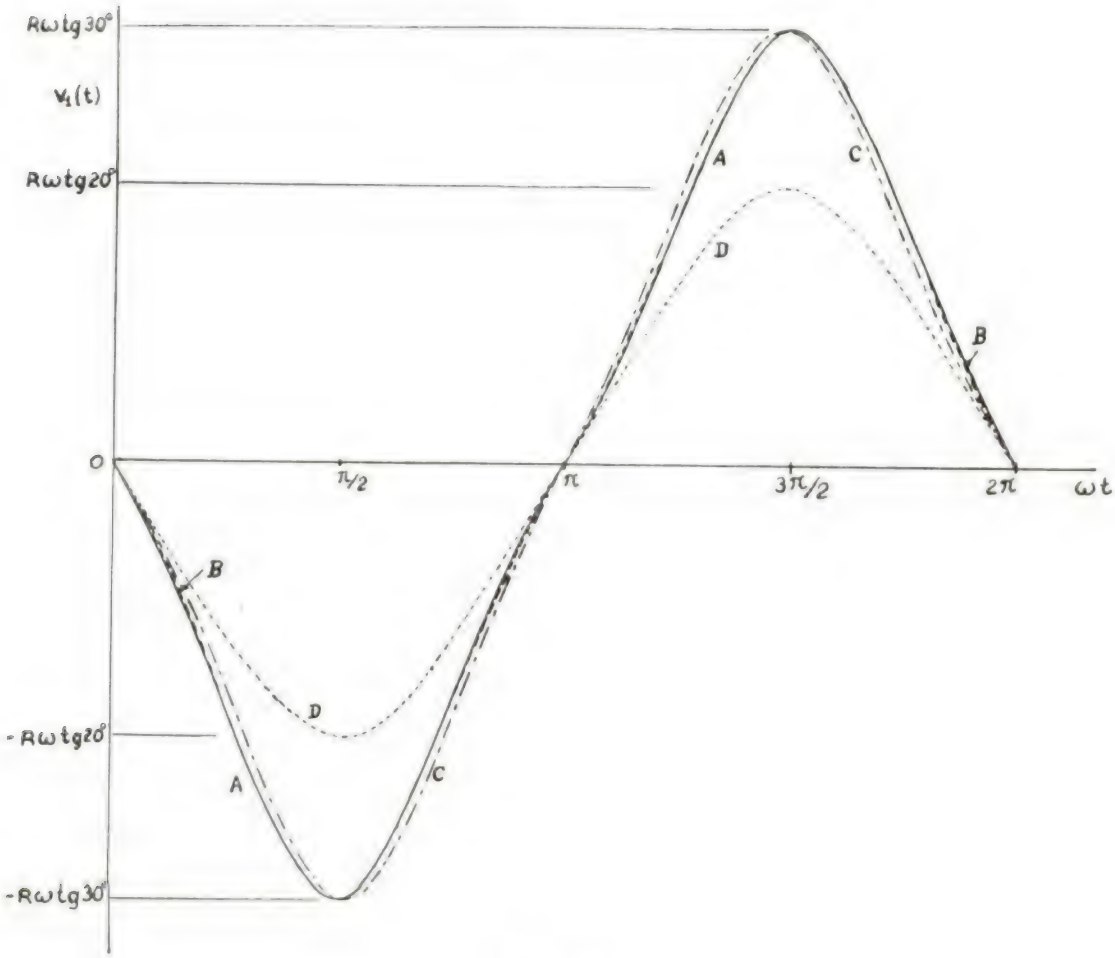


Fig. 19

3.3.4.2 — *Representação de $v_1(t)$*

Em relação aos mesmos quatro grupos paramétricos teremos as curvas representadas na fig. 19.

3.3.4.3 — *Representação de $a_1(t)$*

As curvas da aceleração correspondentes aos mesmos grupos de parâmetros serão (fig. 20):

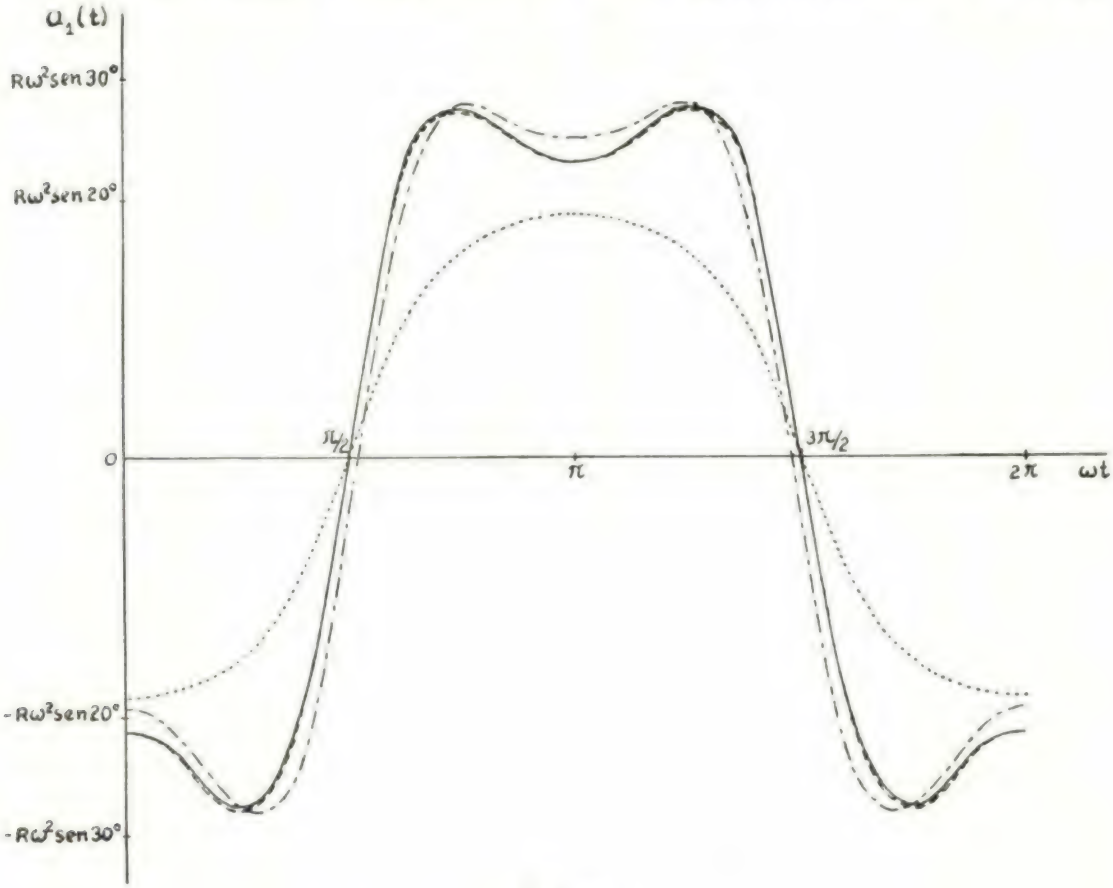


Fig. 20

3.3.4.4 — *Representação gráfica de $a_1(z_1)$*

Procedendo gràficamente sobre as figuras 18 e 20 obteremos as curvas da fig. 21.

3.4. EQUILÍBRIO DOS MECANISMOS

Pelos mesmos motivos que os apontados em 2.4 interessa analisar as forças e momentos de inércia em desiquilíbrio.

3.4.1 — *Mecanismo com um só êmbolo*

3.4.1.1 — *Forças de inércia das massas em movimento alternativo*

O sistema biela-êmbolo é redutível aproximadamente a duas massas pontuais situadas em P e X (ver fig. 18) que designaremos por m_p e m_x, sendo m_p constituído pelas massas do êmbolo e cavilhão e parte da massa da biela e m_x constituída pelo resto da massa da biela e a massa da rótula.

Teremos então em m_p tendo em atenção (79)

$$\vec{F}_i = - m_p \vec{a}_i = R\,\omega^2 m_p \sum_{i=1}^{\infty} i^2 A_i \cos(i\omega t) \,.\, \vec{K} \qquad (80)$$

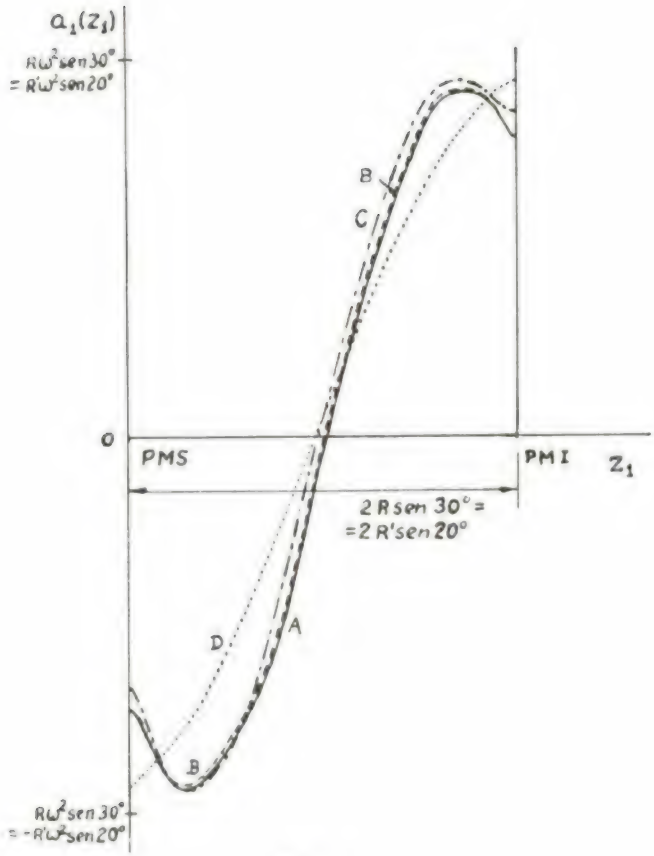


Fig. 21

A representação gráfica da função $F_i(t)$ é idêntica à da curva $a(t)$ representada na fig. 20.

3.4.1.2 — *Forças de inércia das massas concentradas no prato oscilante*

— Massa concentrada em X:

A trajectória de X é dada pelas expressões paramétricas (ver fig. 17):

$$\begin{cases} y = R \cdot \cos\theta = R \dfrac{1}{\sqrt{1 + tg^2\varphi \cdot \cos^2\alpha}} \\ z = R \cdot sen\,\theta = R \dfrac{tg\,\varphi \cdot \cos\alpha}{\sqrt{1 + tg^2\varphi \cdot \cos^2\alpha}} \end{cases} \quad (81)$$

ou ainda (expressões (61) e (55)):

$$\begin{aligned} y &= R \sum_{j=0}^{\infty} C_{1.2j} \cos(2j\alpha) \\ z &= R \sum_{k=0}^{\infty} A_{2k+1} \cos[(2k+1)\alpha] \end{aligned} \quad (82)$$

A aceleração respectiva será:

$$\vec{a}_x = -R\omega^2 \left[\sum_{j=1}^{\infty} 4j^2 C_{1.2j} \cos(2j\omega t) \cdot \vec{J} + \sum_{k=0}^{\infty} (2k+1)^2 A_{2k+1} \cos[(2k+1)\omega t] \cdot \vec{K} \right] \quad (83)$$

e a correspondente força de inércia:

$$\vec{F}_x = R\omega^2 m_x \left[\sum_{j=1}^{\infty} 4j^2 C_{1.2j} \cos(2j\omega t) \cdot \vec{J} + \sum_{k=0}^{\infty} (2k+1)^2 A_{2k+1} \cos[(2k+1)\omega t] \cdot \vec{K} \right] \quad (84)$$

— Massa do prato:

Supondo que não se verificam movimentos oscilantes de rotação do prato, o que não é verdade, uma vez que só a região da recta $\overline{OX}$ oscila sem rotação, será:

$$\vec{F}_i = -\int \vec{a}\, dm = 0 \quad (85)$$

se o prato for simétrico em relação ao seu centro.

3.4.1.3 — *Forças de inércia das massas em movimento de rotação*

Tal como vimos em 2.4.1.2, a sua resultante é nula.

3.4.1.4 — *Binário resultante das forças de inércia das massas concentradas no prato*

— Massa concentrada em X:

$$\vec{M}_x = \vec{F}_x \wedge (X - 0) = \vec{F}_x \wedge (y\vec{J} + z\vec{K}) =$$

$$= m_x \omega^2 R^2 \left[\left(\sum_{j=1}^{\infty} 4j^2 C_{1.2j} \cos(2j\omega t) \right) \left(\sum_{k=0}^{\infty} A_{2k+1} \cos[(2k+1)\omega t] \right) - \right.$$

$$\left. - \left(\sum_{k=0}^{\infty} (2k+1)^2 A_{2k+1} \cos[(2k+1)\omega t] \right) \left(\sum_{j=0}^{\infty} C_{1.2j} \cos(2j\omega t) \right) \right] \vec{I} =$$

$$= m_x \omega^2 R^2 \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} C_{1.2j} A_{2k+1} \cos(2j\omega t) \cos[(2k+1)\omega t] \,.\, [4j^2 - (2k+1)^2] \vec{I} -$$

$$- m_x \omega^2 R^2 C_{1.0} \sum_{k=0}^{\infty} (2k+1)^2 A_{2k+1} \cos[(2k+1)\omega t] \vec{I} \qquad (86)$$

Tendo em consideração os valores normais de ρ e m_x e as expressões (56) e (62), aproximadamente será:

$$M_x \simeq - m_x \omega^2 R^2 C_{1.0} A_1 \cos(\omega t) \,.\, \vec{I} \qquad (86')$$

Trata-se pois de um vector dirigido segundo o eixo dos x x com intensidade variável segundo uma curva aproximadamente cosinusoidal.

— Massa do prato:

Tendo em atenção a aproximação considerada em 3.4.1.2 (ver também 3.4.3), de acordo com a fig. 22 na qual se considera um sistema de eixos ortogonais O, B, r, z) (ver fig. 17) rodando em torno de z com a velocidade angular ω, e por analogia com a expressão (86), será:

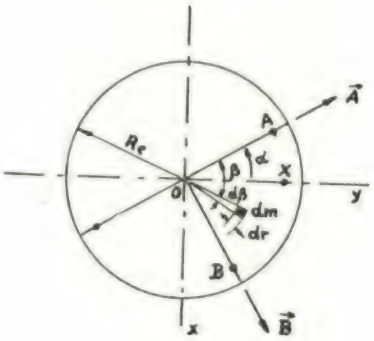


Fig. 22

$$M = -\int \vec{a}\, dm \wedge \vec{r} =$$

$$= \int_0^{Re} \int_0^{2\pi} \omega^2 r^2 \left\{ \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} C_{1.2j} \,.\, A_{2k+1} \cos(2j\beta) \cos\left[(2k+1)\beta\right] . \left[4j^2 - (2k+1)^2\right] - \right.$$

$$\left. - C_{1.0} \sum_{k=0}^{\infty} (2k+1)^2 A_{2k+1} \cos\left[(2k+1)\beta\right] \right\} \left(\operatorname{sen}\beta \,.\, \vec{A} + \cos\beta \,.\, \vec{B} \right) . \rho \,.\, r\, d\beta \,.\, dr =$$

$$= \omega^2 \int_0^{Re} \rho\, r^3\, dr \int_0^{2\pi} \left\{ \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} C_{1.2j} A_{2k+1} \cos.(2j\beta) \cos\left[(2k+1)\beta\right] . \left[4j^2 - (2k+1)^2\right] - \right.$$

$$\left. - C_{1.0} \sum_{k=0}^{\infty} (2k+1)^2 A_{2k+1} \cos\left[(2k+1)\beta\right] \right\} \left(-\operatorname{sen}\beta \,.\, \vec{A} + \cos\beta \,.\, \vec{B} \right) . d\beta \qquad (87)$$

em que $\vec{A}$ e $\vec{B}$ são vectores unitários correspondentes aos eixos O r e O B.

Usando a fórmula aproximada e considerando que o prato é circular e tem espessura uniforme, será:

$$\vec{M} \simeq -\omega^2 m \frac{R_e^2}{4\pi} \int_0^{2\pi} C_{1.0} A_1 \left[\cos^2\beta\, \vec{B} - \cos\beta \,.\, \operatorname{sen}\beta\, \vec{A} \right] =$$

$$= - \frac{1}{4} m \omega^2 R_e^2 A_1 C_{1.0} \vec{B} =$$

$$= - \frac{1}{4} m \omega^2 R_e^2 A_1 C_{1.0} \left(\cos (\omega t) \vec{I} + \operatorname{sen} \omega t \vec{J} \right) \qquad (87')$$

sendo m a massa do prato.

Trata-se, aproximadamente, de um vector girante de intensidade constante.

3.4.1.5 — *Binário resultante das forças de inércia das massas em movimento de rotação*

Reduzindo o massa de cambota a 3 massas pontuais $m_c = m_{c'}$ e m_o de acordo com a fig. 23 e tal como fizemos em 2.4.1.2, será:

$$\vec{M}_R = - 2 m_C \omega^2 R_C^2 \operatorname{tg} \varphi \left[\cos (\omega t) . \vec{I} + \operatorname{sen} (\omega t) . \vec{J} \right] \qquad (88)$$

Tendo em atenção as expressões (87') e (88), o binário desiquilibrado será

$$- \omega^2 \left[\frac{1}{4} m R_e^2 A_1 C_{1.0} + 2 m_C R_C^2 \operatorname{tg} \varphi \right] \left[\cos (\omega t) . \vec{I} + \operatorname{sen} (\omega t) . \vec{J} \right] \qquad (89)$$

que poderá ser equilibrado por duas massas convenientemente dimensionadas de modo a provocar um momento igual e de sentido contrário, dispostas tal como se indica nas figs. 6, 7 e 8 mas invertidas em relação à posição do prato, com as mesmas vantagens e inconvenientes.

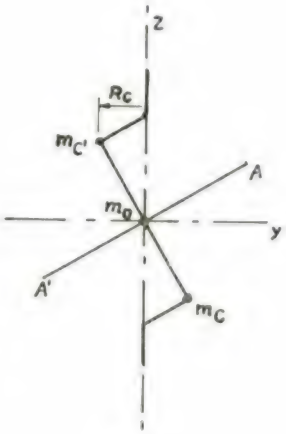


Fig. 23

3.4.2 — *Mecanismo com dois êmbolos*

3.4.2.1 — *Forças de inércia*

Supondo uma distribuição dos êmbolos de acordo com a fig. 5, será:

— Massas concentradas no êmbolo (P):

$$\vec{F}_{R_P} = \vec{F}_I + \vec{F}_{II} =$$

$$= m_{I_P} \omega^2 R \sum_{i=1}^{\infty} i^2 A_i \cos (i \omega t) . \vec{K} + m_{II_P} \omega^2 R \sum_{i=1}^{\infty} i^2 A_i .$$

$$. \cos [i (\omega t + \pi)] . \vec{K} =$$

$$= 2 m_P \omega^2 R \sum_{j=1}^{\infty} (2 j)^2 A_{2j} \cos (2 j \omega t) . \vec{K} \qquad (90)$$

se $m_{I_P} = m_{II_P} = m_P$.

Os termos que ficaram são de intensidade muito pequena comparada com a dos que se anularam pelo que se pode considerar pràticamente

$$\vec{F}_R \simeq 0 \qquad (90')$$

— Massas concentradas no prato:

$$\vec{F}_{R_X} = \vec{F}_{I_X} + \vec{F}_{II_X} =$$

$$= R\,\omega^2\, m_{IX} \left[\sum_{j=1}^{\infty} 4\, j^2\, C_{1.2j} \cos (2\, j\, \omega\, t) \,.\, \vec{J} + \sum_{k=o}^{\infty} (2\, k + 1)^2\, A_{2\,k+1} \,.\right.$$

$$\left. .\, \cos [(2\, k + 1)\, \omega\, t] \,.\, \vec{K} \right] + R\, \omega^2\, m_{IIX} \left[\sum_{j=1}^{\infty} 4\, j^2\, C_{1.2j} \cos [2\, j\, (\omega\, t + \pi)]\, (-\vec{J}) + \right.$$

$$\left. + \sum_{k=o}^{\infty} (2\, k + 1)^2\, A_{2\,k+1} \,.\, \cos [(2\, k + 1)\, (\omega\, t + \pi)] \,.\, \vec{K} \right] = 0 \qquad (91)$$

Nota: O sinal de $R\,\omega^2\, m_{IIX} \sum_{j=1}^{\infty} 4\, j^2\, C_{1.2j} \cos [2\, j\, (\omega\, t + \pi)]$ só é determinável analisando as expressões (81) pois corresponde ao sinal menos da raiz).

— Massa do prato:

A força de inércia resultante é nula como se viu em 3.4.1.2.

3.4.2.2 — *Binário resultante*

— Massas concentradas no êmbolo:

$$\vec{M}_P = \vec{M}_{IP} + \vec{M}_{IIP} =$$

$$= \vec{F}_{IP} \wedge (P - 0) + \vec{F}_{IIP} \wedge (P' - 0)$$

sendo P' a posição simétrica de P.

$$\vec{M}_P = m_{IP}\, \omega^2\, R \sum_{i=1}^{\infty} i^2\, A_i \cos (i\, \omega\, t) \,.\, R_1 \left(\vec{K} \wedge \vec{J} \right) +$$

$$+ m_{IIP}\, \omega^2\, R \sum_{i=1}^{\infty} i^2\, A_i \cos [i\, (\omega\, t + \pi)] \,.\, R_1 \left(\vec{K} \wedge -\vec{J} \right) =$$

$$= -\ 2\, m_P\, \omega^2\, R\, R_1 \sum_{j=o}^{\infty} (2\, j + 1)^2\, A_{2\,j+1} \cos [(2\, j + 1)\, \omega\, t] \,.\, \vec{I} \qquad (91')$$

— Massas concentradas no prato:

$$\vec{M}_X = \vec{M}_{IX} + \vec{M}_{IIX} =$$

$$= \vec{F}_{IX} \wedge (X - 0) + \vec{F}_{IIX} \wedge (X' - 0) =$$

$$= \left(\vec{F}_{IX} - \vec{F}_{IIX} \right) \wedge (X - 0) =$$

$$= 2\ R^2\, \omega^2\, m_X \left[\sum_{j=1}^{\infty} 4\, j^2\, C_{1.2j} \cos (2\, j\, \omega\, t) \,.\, \vec{J} + \sum_{k=o}^{\infty} (2\, k + 1)^2\, A_{2\,k+1} \,.\right.$$

$$\left. .\ \cos [(2\, k + 1)\, \omega\, t] \,.\, \vec{K} \right] \wedge \left[\sum_{k=o}^{\infty} A_{2\,k+1} \cos [(2k + 1)\, \omega\, t] \,.\, \vec{K} + \right.$$

$$\left. + \sum_{j=o}^{\infty} C_{1.2j} \cos (2\, j\, \omega\, t) \,.\, \vec{J} \right] =$$

$$= 2\, R^2\, \omega^2\, m_X \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=o}^{\infty} C_{1.2j}\, A_{2k+1} \cos (2\, j\, \omega\, t) \cos [(2\, k + 1)\, \omega\, t] \,.\, [4j^2 - (2\, k + 1)^2] \,.\, \vec{I} -$$

$$- 2\, R^2\, \omega^2\, m_X\, C_{1.0} \sum_{k=o}^{\infty} (2k + 1)^2\, A_{2k+1} \cos [(2k + 1)^2\, \omega\, t]\, \vec{I} \qquad (92)$$

aproximadamente igual a

$$\vec{M}_X \simeq -2\, m_X\, \omega^2\, R^2\, C_{1\,.\,0}\, A_1 \cos(\omega t)\, .\, \vec{I} \qquad (92')$$

— Massas do prato e cambota :

São dadas pelas fórmulas (87) e (88) atrás obtidas.

— O binário resultante total será a soma das expressões (91), (92), (87) e (88) e é possível reduzir o seu valor máximo jogando com as massas equilibradoras dos vectores girantes, e agrupando mecanismos em série e em paralelo tal como se procedeu em 2.4.2.

3.4.3 — *Mecanismos com* n *êmbolos*

As trajectórias das rótulas biela-prato que não se encontram na linha XX' são curvas torsas cuja obtenção obrigaria a prolongar demasiadamente este estudo. No entanto poder-se-á usar o formulário agora deduzido para o estudo de mecanismos com mais de dois êmbolos uma vez que os desvios são naturalmente de pequena repercussão.

3.5 — CONCLUSÕES

Tal como se previa, a análise matemática desta segunda solução é trabalhosa. No entanto as consequências físicas do equilíbrio são aproximadamente iguais às da primeira solução, uma vez que a contribuição da função $z_1(z)$ é mínima, e a função $z(\omega t)$ tem comportamento semelhante a uma cosinusoidal, anulando forças de inércia e somando momentos resultantes.

* * *

Cabe aqui o meu sincero agradecimento ao Ex.mo Senhor Professor A. Portela pela maneira entusiasmante com que acompanhou este trabalho.

* * *

ERRATA : No número anterior sairam trocadas as figuras 1 e 2.

Por lapso não se considerou o sinal negativo na expressão $\vec{F_i} = -m\vec{a}$ (fórmula 9) pelo que disso sofreram consequência os sinais das expressões 10, 14, 19, 21, 23, 24, 31, 33 e 40 que passam a ser contrários, bem como as expressões 15 e 20 (em que $m_A + m$ passa a ser $m_A - m$), 17 (em que m_A é agora $m_A - 2\,m$) e 18 (em vez de $m_A + \frac{m}{2}$ será $m_A - \frac{3\,m}{2}$). Consequentemente, na fig. 9 as curvas de F_I e F_{II} vêm trocadas e de M_R invertida, nas figs. 10, 12 e 13 as elípses resultantes têm o eixo maior na direcção de $\vec{J}$ e na fig. 14 as curvas estão invertidas. As conclusões não sofrem alterações a não ser o comentário a seguir à expressão 17 onde se deve ler 2 m em vez de m.

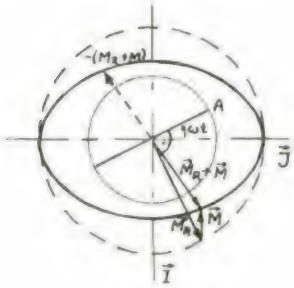


Fig. 10

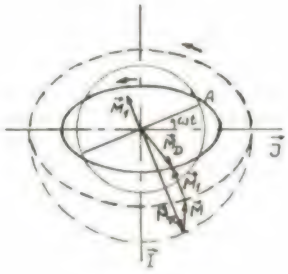


Fig. 12

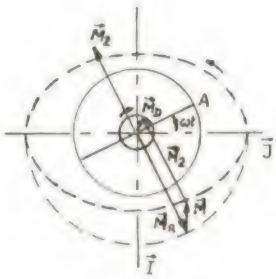
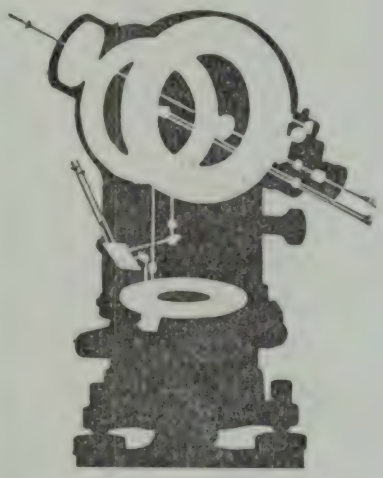


Fig. 13

TAQUEÓMETRO AUTOREDUTOR RDS

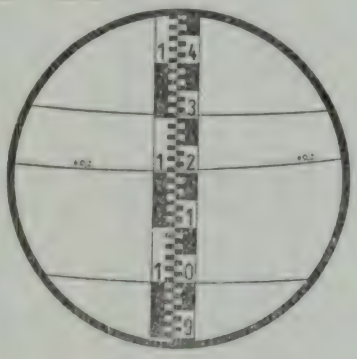
PARA MIRA VERTICAL COM BASE EXTENSÍVEL

Especialmente apropriado para levantamentos de terrenos acidentados e com muitos detalhes



PRECISÃO DE MEDIDA

das distâncias : 10 a 20 cm em 100 m
dos desníveis : 5 a 20 cm em 100 m



RETÍCULO COM 3 CURVAS :

Inferior — Círculo de Base
Média — Traço Altimétrico
Superior — Traço Estadimétrico

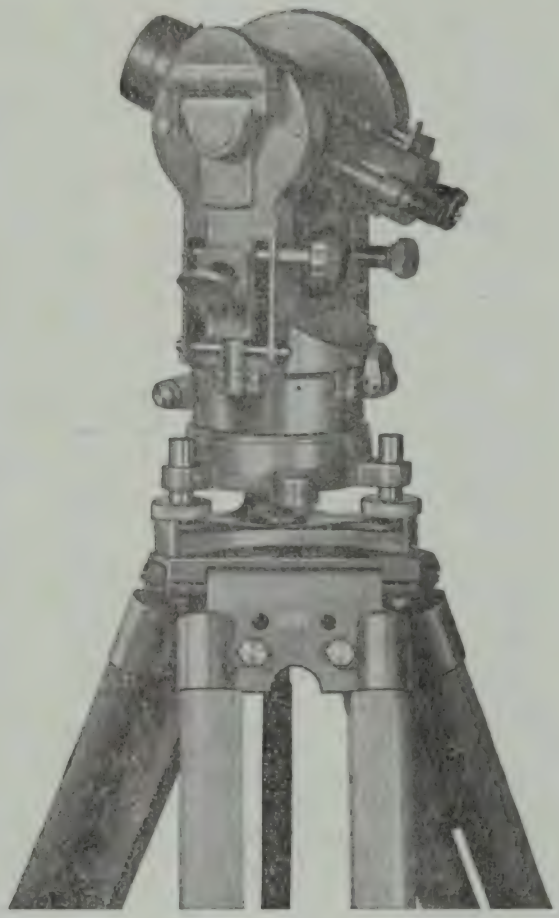


Imagem directa (não invertida) com campo de observação livre e sem obstáculos

Bengala de prumo adaptável ao tripé com escala para leitura da altura do tripé

Solicitem catálogo ou demonstração aos

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6
LISBOA-2 — TELEF. 68 11 27

Guia de Análise Química das Águas

(Potáveis, Minerais e para a Indústria)

POR

A. Herculano de Carvalho

Professor do Instituto Superior Técnico
e do Instituto de Hidrologia de Lisboa

PREÇO 90$00

Pedidos à «Técnica»

Desconto 10 % aos assinantes

OFICINAS E LABORATÓRIOS
DO

INSTITUTO SUPERIOR TECNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

C. D. U. 625.844:624.138.51

Progressos no projecto e construção de estradas em solo-cimento [1]

PELO ENG.º MANUEL PIMENTEL DOS SANTOS

Laboratório de Ensaios de Materiais e Mecânica do Solo de Moçambique [2]

SUMÁRIO

Com base na experiência de Moçambique quanto ao projecto, construção e comportamento de bases em solo-cimento, põe-se em evidência os progressos registados e os problemas ainda sem solução. Criticam-se os métodos clássicos de determinação da percentagem de cimento e analisam-se as perspectivas destes pelo uso da superfície específica, da constante granulométrica a, e do método C.B.R. No controle de construção, com máquinas de grande rendimento, evidenciam-se os óptimos resultados obtidos quanto às tolerâncias aceitáveis; o explêndido comportamento das bases construídas pode sugerir serem demasiado exigentes as normas de ensaio utilizadas.

SUMMARY

The author reviews the experience gained and progress made in the construction and subsequent behaviour of soil-cement roads in Mozambique, and refers to various unsolved problems.

The classical method of determining the cement content is criticised, and new methods which take into account soil surface area, grain-size distribution and California Bearing Ratio are discussed and analysed. Excellent results have been obtained by site control of single-pass machines with high output, deviation from a specified thickness being within the required tolerance.

SOMMAIRE

Cette communication expose les résultats de l'expérience acquise en Mozambique en ce qui concerne la conception, la construction et la prévision du comportement des couches de base en sol-ciment. On fait la critique des méthodes classiques pour la détermination du pourcentage de ciment et on examine de nouvelles méthodes basées sur la surface spécifique des sols, leur constant granulométrique a et leur C.B.R.

En ce qui concerne la construction, on a constaté que l'on pouvait obtenir une faible dispersion de l'épaisseur spécifiée pour la chaussée, même en utilisant des machines de grande production pour stabilization en une seule passe.

L'excellent comportement de ces chaussées sous le trafic semble indiquer l'excessive sévérité des spécifications actuelles pour la determination du dosage en ciment.

Introdução

A execução dum vasto programa de construção de estradas em Moçambique, abrangendo cerca de 8000 km de traçados, permitiu um notável desenvolvimento das técnicas de estabilização de solos, com especial relevo para a construção de bases em solo-cimento. A experiência acumulada em mais de 10 anos permite já tirar algumas conclusões firmes nos domínios do projecto, construção, controle e observação das obras concluídas.

---

(1) Tradução portuguesa do original inglês da comunicação apresentada ao 5.º Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, realizado em Paris em Julho de 1961 e publicada no Vol. II das respectivas Actas (4.ª divisão técnica).

(2) O autor desempenhava, na data da apresentação da comunicação, as funções de Secretário Provincial de Moçambique (Obras Públicas, Comunicações e Transportes). Desempenha idênticas funções na Província de Angola.

Critérios de Projecto

A determinação da percentagem de cimento necessária à estabilização de solos vem-se fazendo em Moçambique segundo os métodos standard ASTM, com exclusão, contudo, dadas as condições climáticas, do ensaio gelo-degelo. Esta orientação foi tomada há longo tempo, depois de se ter abandonado o critério de basear a determinação da percentagem de cimento no ensaio de compressão não limitada para 18 kg/cm² (250 lb/pol²) aos 7 dias. Verificou-se, com efeito, que um grande número de solos locais, satisfazendo integralmente ao critério ASTM, não atingiam aos 7 dias a resistência à compressão especificada. Contudo, o seu subsequente comportamento nos pavimentos era perfeito. As figs. 1 e 2 permitem apreciar concretamente a situação.

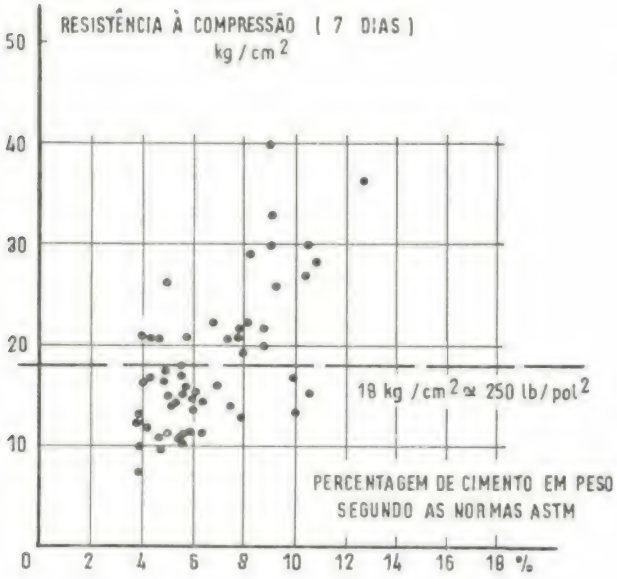


Fig. 1 — Resistência à compressão aos 7 dias para percentagens de cimento determinadas pelos ensaios ASTM

Inconvenientes do Método ASTM

Embora o critério utilizado tenha permitido 100 % de sucesso no comportamento das bases do solo-cimento, há dois inconvenientes que devem ser considerados. O primeiro resulta do tempo necessário para os ensaios e quantidade de solo necessário para estes (cerca de 6 semanas e 45 kg de solo). O segundo diz respeito ao facto de, para a generalidade dos solos ensaiados, o método ASTM conduzir a percentagens de cimento em excesso daquelas estritamente necessárias para assegurar bom comportamento dos pavimentos.

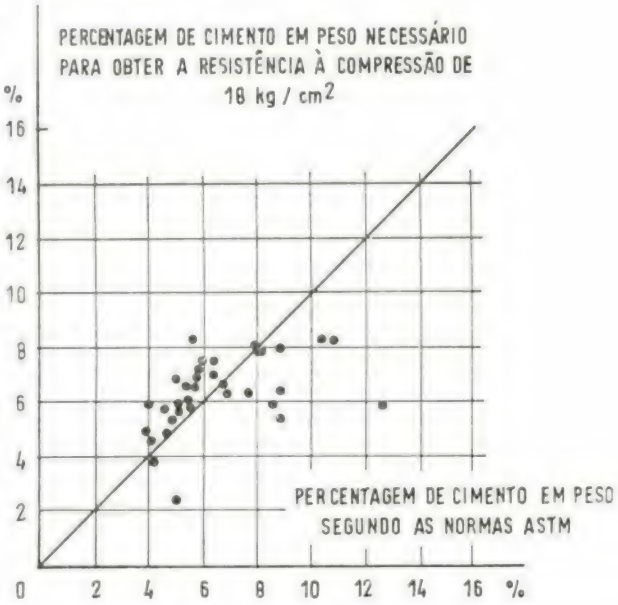


Fig. 2 — Relação entre as percentagens de cimento determinadas pelos ensaios ASTM e pela resistência à compressão de 18 kg/cm² aos 7 dias

O primeiro facto tem sido reconhecido por variados investigadores. Notem-se os esforços de *Leadabrand* e *Norling* (1953) (1956), *Leadabrand, Norling* e *Hurless* (1957), *Diamond* e *Kinter* (1958) e os investigadores do Road Research Laboratory, especialmente *Maclean* (1956).

A utilização das técnicas de *Leadabrand* e *Norling* não satisfez em Moçambique e teve de ser abandonada para os solos locais.

Já os trabalhos de *Diamond* e *Kinter* e os do *Road Research Laboratory* abriram novas perspectivas que adiante são desenvolvidas.

O método da superficie especifica e a granulometria dos solos

Nos seus trabalhos, *Diamond* e *Kinter* utilizam o valor de superfície específica do solo, medido pelo processo de retenção do glicerol, para predizer a percentagem de cimento necessária à estabilização, com base nas perdas permitidas no ensaio de gelo-degelo das normas ASTM. Embora para um pequeno número de solos, as conclusões obtidas são valiosas.

Mas parece possível substituir o ensaio de determinação da superfície específica por uma simples determinação da granulometria dos solos, utilizando a constante *a* introduzida pelo Autor (*dos Santos*, 1953, 1955, 1955). Com efeito, esta constante, que é proporcional à área limitada pela curva granulométrica, o eixo y = 0 e as ordenadas correspondentes aos crivos n.º 200 e n.º 7 B.S., está relacionada com a superfície específica do solo. Utilizando os solos relacionados nos trabalhos de *Diamond* e *Kinter*, traçando as respectivas curvas granulométricas e deduzindo os valores da constante *a*, é possível verificar (fig. 3) a existência de tal correlação.

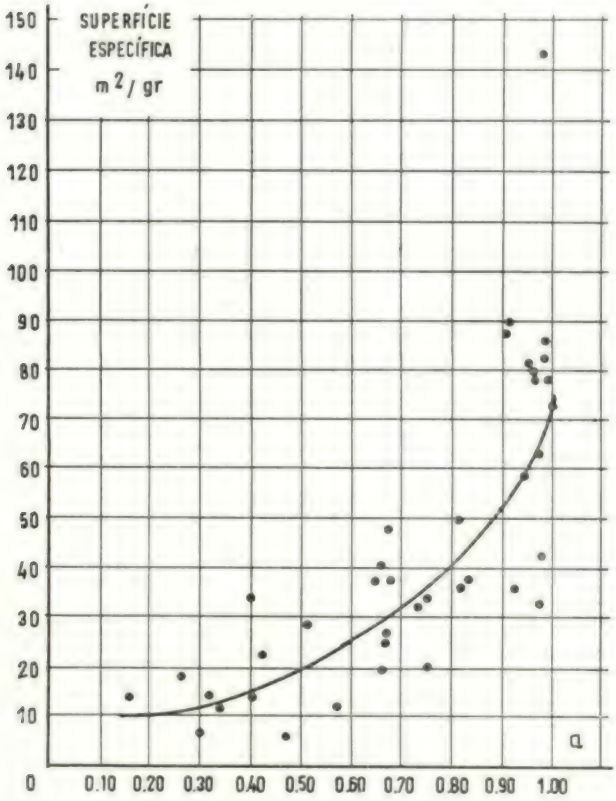


Fig. 3 — Correlação entre a constante *a* e a superfície específica dos solos

Não surpreende, portanto, que igualmente exista correlação definida, para os mesmos solos, entre a constante granulométrica *a* e a percentagem de cimento necessário segundo o ensaio gelo-degelo ASTM. É o que mostra a fig. 4.

Em todo o trabalho a percentagem de cimento é referida ao peso do solo seco, e não ao volume, em virtude das razões apresentadas por *Diamond* e *Kinter*.

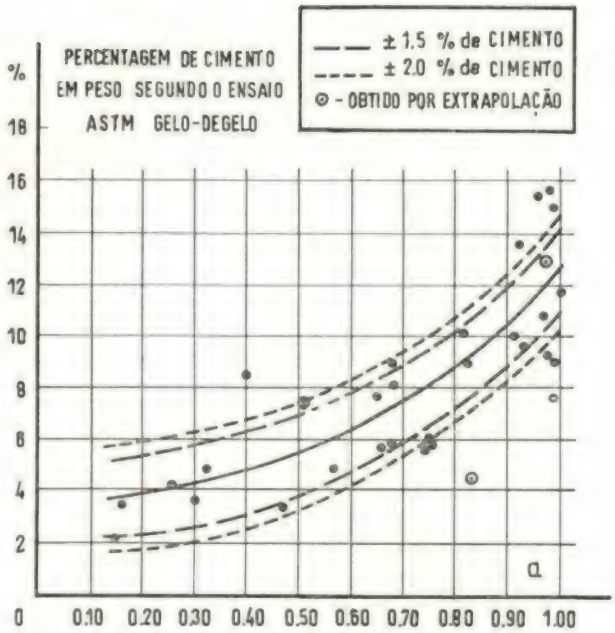


Fig. 4 — Correlação entre a constante *a* e a percentagem de cimento correspondente à perda de 10 % no ensaio ASTM de gelo-degelo (solos americanos)

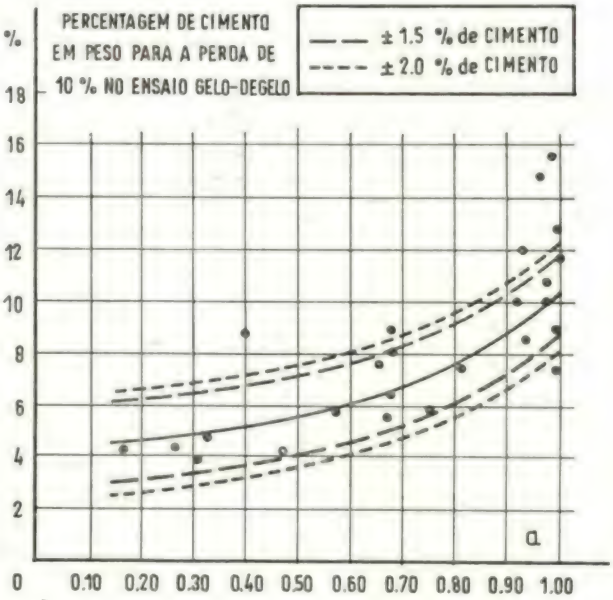


Fig. 5 — Correlação entre a constante *a* e a percentagem de cimento correspondente à perda de 10 % no ensaio ASTM de secagem-molhagem (solos de Moçambique)

Na fig. 5, em lugar da percentagem de cimento deduzida das perdas permitidas no ensaio gelo-degelo, que são variáveis conforme o tipo de solo, usa-se, segundo o critério dos mesmos autores, a percentagem de cimento correspondente

a uma perda uniforme de 10 por cento, no mesmo ensaio. Em ambos os casos se verifica que a correlação piora no caso de solos com alta percentagem de argila (*a* de 0,95 e 1,00), que são os de menor interesse para a estabilização com cimento.

Procedendo da mesma forma com 47 solos de Moçambique, dos mais utilizados na estabilização com cimento (grupos A-1-b, A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-3 e A-7-6), tomando a percentagem de cimento correspondente a uma perda uniforme de 10 por cento *no ensaio secagem-molhagem*, obtêm-se os resultados apontados na fig. 6, em que as curvas de referência são as mesmas da fig. 5. Apenas 9 solos àcusaram variações superiores a ± 2 por cento de cimento.

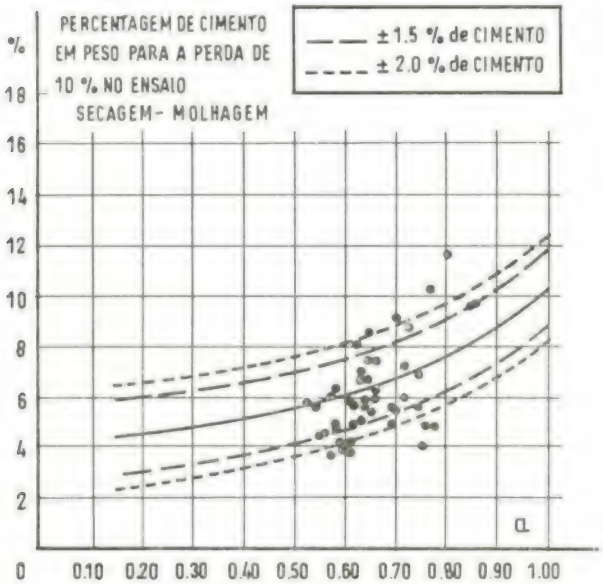


Fig. 6 — CBR necessário para as perdas permitidas no ensaio ASTM de secagem-molhagem (solos de Moçambique

O Método C. B. R. para determinação da percentagem de cimento

Os trabalhos já citados do Road Research Laboratory, nomeadamente de *Maclean* (1956), permitiram a introdução do método CBR para determinação da percentagem de cimento em bases de solo-cimento. Um critério de CBR igual a 120 % foi sugerido como satisfazendo para as condições britânicas. Desde então, o problema tem sido aprofundado em Moçambique, com alguns resultados que se reputam de interesse.

A fig. 7 demonstra a excelente correlação, para um grupo de solos arenosos de Moçambique — A-2-4 e A-3 — entre a percentagem de cimento em peso correspondente às máximas perdas per-

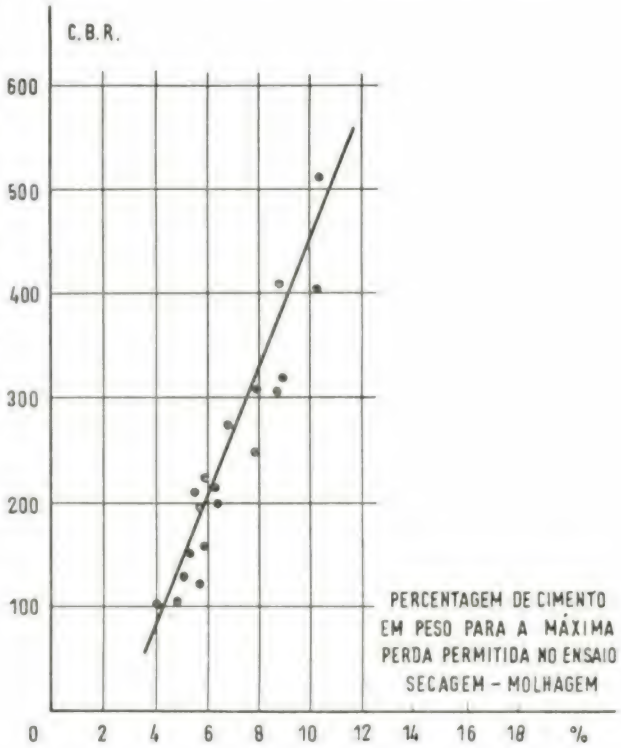


Fig. 7 — CBR necessário para assegurar 18 kg/cm² (250 lb/pol²) de resistência à compressão aos 7 dias (solos de Moçambique)

mitidas no ensaio ASTM de secagem-molhagem e os valores de CBR correspondentes. A fig. 8 mostra idêntica correlação, contudo menos bem definida, tomando a percentagem de cimento necessária para obter 18 kg/cm² (250 lb/pol²) de resistência à compressão aos 7 dias.

O critério de CBR = 120 % não satisfaz, portanto, para um grande número de solos, se se pretender assegurar a durabilidade do material tal como resulta dos ensaios ASTM, ou um mínimo de 18 kg/cm² de resistência à compressão aos 7 dias, segundo o critério britânico.

Conclue-se, ainda, que o critério CBR não pode ser equivalente aos critérios ASTM ou da resistência à compressão. Portanto, a adopção dum valor fixo de CBR para todos os solos conduzirá a percentagens de cimento que podem ser muito inferiores ou muito superiores às necessárias para assegurar as condições de durabilidade ou de resistência à compressão.

Para o grupo de solos examinados, um CBR de 200 % conduz a perdas no ensaio de secagem-molhagem entre 4 e 55 % (para a grande maioria desses solos, as perdas compreendem-se entre

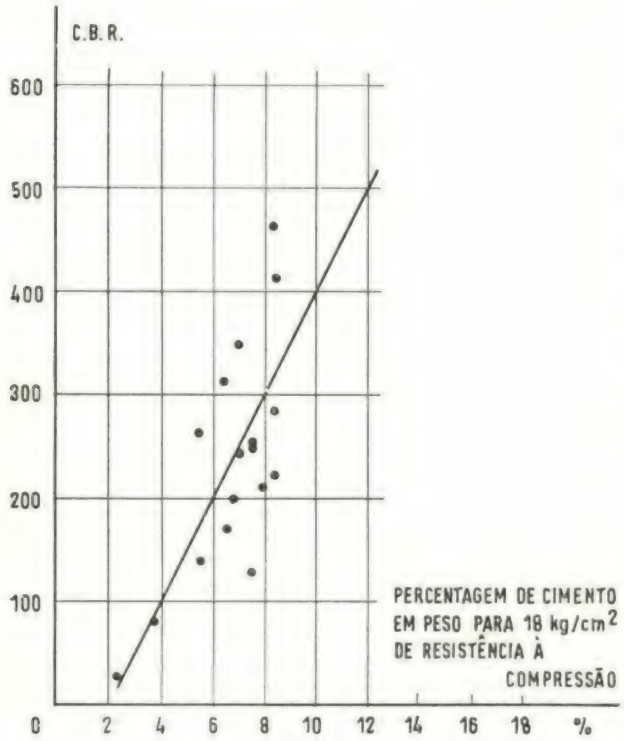


Fig. 8 — Frequência dos desvios em relação à espessura especificada em bases de solo-cimento

4 e 23 %). Se tomarmos o CBR de 150 %, a dispersão varia entre 5 e 85 %, com a grande maioria entre 5 e 42 %.

Sem novos progressos na investigação, não se julga, portanto, prudente, projectar a dosagem de solo-cimento para um valor de CBR inferior a 200 %. É possível que, de futuro, em lugar dum critério fixo, se venha a adoptar um valor de CBR variável conforme o tipo de solo.

Controle de construção

Actualmente a estabilização de solos com cimento em Moçambique é quase totalmente feita com máquinas *single-pas* de grande rendimento. É por isso necessário montar um cuidadoso sistema de controle da execução, quer na verificação dos solos empregados, e prèviamente estudados, quer quanto à qualidade da base.

Quanto a esta última, o controle imediato abrange a compactação relativa, grau de humidade, resistência à compressão, CBR e espessura realizada.

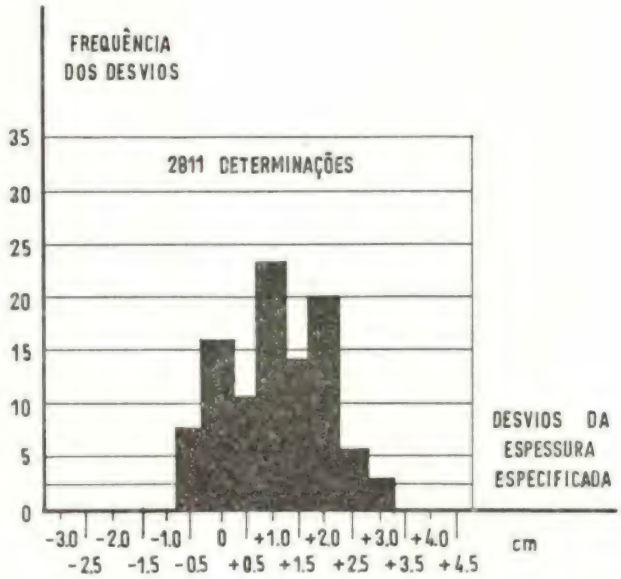


Fig. 9

O controle da espessura da base é fundamentalmental: uma variação sensível pode provocar ou a diminuição da capacidade de carga do pavimento quanto à transmissão de cargas à infraestrutura, ou o enfraquecimento da base pela diminuição da dosagem do cimento.

Em Moçambique, para máquinas de grande rendimento (1 Km/dia de estabilização com 6,00 m de largura), exige-se a tolerância de ± 1,5 cm, que tem sido possível assegurar convenientemente, mediante processos simples. A fig. 9 representa, num diagrama de frequência, os desvios verificados em 2811 determinações numa base de 15 cm em que a tolerância especificada era de 14 a 17 cm.

Comportamento de bases construídas

Nas muitas centenas de quilómetros de bases em solo-cimento, algumas com mais de 10 anos de tráfego muito superior ao serviço, não se registou até agora qualquer rotura. Isto pode sugerir que as normas ASTM segundo os quais foram projectadas são demasiadamente severas para as condições locais.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi executado como parte do programa de investigação Laboratório de Ensaios de Materiais e Mecânica do Solo, de Lourenço Marques, Moçambique.

REFERÊNCIAS

Diamond, S. and *Kinter, E. B.* (1958): A Rapid Method Utilizing Surface Area Measurementes in Predicting the Amount of Cement Needed to Stabilize Plastic Soils. *Public Roads*, vol 30, n.º 3, Washington.

Leadabrand, J. A. and *Norling, L. T.* (1953): Soil — Cement Test – Data Correlation in Determining Factores for Sandy Soils *High. Res. Board Bull. 69*, Washington.

Leadabrand, J. A. and *Norling, L. T.* (1956): Simplified Methods of Testing Soil — Cement Mixtures. *High. Res. Board Bull. 122*, Washington.

Leadabrand, J. A., Norling, L. T. and *Hurless, A. C.* (1957): Soil Series as a Basis for Determining Cement Requirements for Soil — Cement Construction (1957): *High. Res. Board Bull. 148*, Washington.

Maclean, D. J. (1956): Considerations affecting the design and construction of stabilized — soil road bases. *J. Instn. Highw. Engrs.* vol. 3, 9, London.

dos Santos, M. P. P. (1953): A New Soil Constant and its Aplications. *Proc. Third Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng.*, vol. 1 Zurich.

dos Santos, M. P. P. (1955): Tests for Road Soils. *Trans. South Afri Instn Civil Engrs.*, vol. 5, 9 and 12, Pretoria.

dos Santos, M. P. P. (1955): Prediction of the Consistency Limits of Soils and Soil Mixtures. *High. Res. Board Bull, 108*, Washington.

Cinquentenário do Instituto Superior Técnico

Congresso do Ensino de Engenharia

PRIMEIRA CIRCULAR

A Comissão Organizadora das Comemorações do Cinquentenário do Instituto Superior Técnico considerou do máximo interesse aproveitar a ocasião para promover a realização dum congresso do ensino superior de engenharia (engenharia civil, de minas, electrotécnica, mecânica e químico-industrial).

Pretende-se, com este congresso, promover o estudo das soluções que se ofereçam como mais vantajosas para actualização e adaptação às exigências do fomento nacional.

Para este efeito, uma vez obtida a anuência de Sua Excelência o Ministro da Educação Nacional e em estreita colaboração com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi constituída uma Comissão Organizadora que elaborou o programa que se apresenta.

1. *Lugar e data de realização do Congresso*

O Congresso terá lugar nas instalações do Instituto Superior Técnico, em Lisboa, e efectuar-se-á no último trimestre de 1962 em data a precisar em futura circular.

2. *Comissões*

Comissão Organizadora:

Presidentes: Director da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Director do Instituto Superior Técnico

Vogais: Prof. Dr. Francisco Sarmento Correia de Araújo
Prof. Eng.º António Gouvêa Portela
Assistente Dr. António Augusto de Sousa Taveira
Assistente Eng.º Manuel Bravo
Eng.º José Maria Mercier Marques
Eng.º Paulo de Barros
Eng.º João Avelino Rocha Cunha Serra
José Fernando Pinharanda

Comissão Executiva:

Prof. Décio Thadeu
Eng.º Sidónio Martins Geada
Eng.º José Manuel Prostes da Fonseca

Secretário-Geral:

Eng.º António Francisco Perry de Sousa Gomes

3. *Participação no Congresso*

A participação no Congresso é aberta a todas as pessoas, individuais ou colectivas.

Prevêem-se as seguintes modalidades de inscrição:

— individuais, 150$00
— alunos universitários, 50$00
— empresas industriais, 1 000$00 (com direito a 7 representantes).

Pede-se a todas as pessoas, interessadas neste Congresso, o favor de devolverem a ficha de inscrição provisória junta até ao fim do mês de Março próximo.

4. *Plano de estudos do Congresso*

1 — Temas gerais

1a — Preparação pré-universitária.
1b — Preparação pós-universitária.
1c — Finalidade do licenciado com um curso superior de engenharia. Graus académicos.
1d — A escola superior, a investigação e a indústria.
1e — Meios humanos e materiais de uma escola superior de engenharia.
1f — Custo do ensino superior e outros problemas orçamentais. Participação da Indústria.
1g — Actividades circum e para-escolares.

2 — Temas específicos

2a — Curso preparatório.
2b — Curso de Engenharia Civil.
2c — Curso de Engenharia de Minas.
2d — Curso de Engenharia Electrotécnica.
2e — Curso de Engenharia Mecânica.
2f — Curso de Engenharia Química-Industrial.
2g — Desdobramento das especialidades anteriores e possível criação de outras.
2h — Cursos de especialização *ad hoc*, subsidiados pela Indústria ou por entidades oficiais.

3 — Ligação do ensino com a actividade profissional com base nos problemas reais vividos na indústria (estudos monográficos).

5. *Apresentação de trabalhos*

Todos os membros inscritos podem apresentar comunicações sobre os temas propostos. Além disso, a Comissão Organizadora procurará assegurar a apresentação de trabalhos sobre cada um daqueles temas.

As comunicações deverão ser limitadas a 10 páginas de papel formato A-4, dactilografadas de um só lado a espaço e meio. A aceitação destas ficará dependente de aprovação por parte da Comissão Organizadora.

A entrega das comunicações deverá ter lugar até 31 de Julho próximo.

6. *Funcionamento do Congresso*

Prevê-se a realização de sessões plenárias e de discussão.

a) As sessões plenárias serão ocupadas com a apresentação de temas de interesse geral para o ensino de engenharia por individualidades especialmente convidadas para esse fim.

b) As sessões de discussão terão como objectivo a apreciação das comunicações apresentadas.

7. *Publicações do Congresso*

Prevê-se a distribuição aos participantes, antes da realização do Congresso, das seguintes publicações:

a) Programa geral e regulamento do Congresso.

b) Comunicações apresentadas.

8. *Secretaria do Congresso*

Toda a correspondência deverá ser dirigida para

Secretaria do
Congresso do Ensino da Engenharia
Instituto Superior Técnico
Lisboa 1

Lisboa, Dezembro de 1961

O Secretário-Geral
A. de Sousa Gomes

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

José Fernando Pinharanda, João Carvalho Marques, António Pires Carreto, José Manuel Gonçalves e Alberto Romão Dias

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. U. 669.1 (338)

L'Industrie Sidérurgique en Europe.
O E.C.E., 5-959, vol. 1, págs. 195.

C. D. U. 620.193

Curso de corrosão — *Prof. Marcel Pourbaix.*
INII, 3-961, vol. 1, págs. 133.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 022.94 (43-26)

Automatic Book Conveyor System in Munich Patent Office — *Heinz Herrmann.*
Siemens Review XXVII, (1960), pág. 144-146, 4 fig.

C. D. U. 337.38 : 337.1 (4)

Contribución a la discusión sobre la supresión de la discriminación en el regimen de importaciones — *Karel Svec.*
El Comercio Exterior Checoslovaco, 6-961, vol. 1, n.º 6, pág. 18-20.

C. D. U. 389.6

A importância da metrologia na fabricação industrial moderna — *Alban Ammann.*
ITA — engenharia, 1-2-959, vol. 2, n.º 3, pág. 21-26.

C. D. U. 512.831

A test for non-singularity of matrices — *J. J. Dionisio.*
Rev. Fac. Ciênc. Lisboa — Matemáticas, 1960, vol. 8, n.º 1, pág. 26-28.

C. D. U. 512.831

A Ruffini algorithem for matrices in the computation of characteristic vectors — *J. J. Dionisio.*
Rev. Fac. Ciênc. Lisboa — Matemáticas, 1960, vol. 8, n.º 1, pág. 29-32.

C. D. U. 519.241.6

Invariant estimators for location dispersion parameters — *J. Tiago de Oliveira.*
Rev. Fac. Ciênc. Lisboa — Matemáticas, 1960, vol. 8, n.º 1, pág. 41-71.

C. D. U. 531.383

Sobre un curioso efecto giroscópico — *Fénix Roberto Marsicano.*
Ciência y Técnica, 3-4-961, vol. 130, n.º 653, pág. 103-109.

C. D. U. 531.7 : 535.822.1

The precise measurement of smoll objects — *J. Dyson.*
A.E.I. engineering, 1-961, vol. 1, n.º 1, pág. 13-17.

C. D. U. 621.317.49 : 531.78

The pressductor — a high-output load-cell for heavy industry — *Dahle, O.*
Asea Journal 32 (1959) : 9, pág. 115-123.

A marca

RENOLD

corresponde a um selo de garantia de QUALIDADE

seja qual for a máquina . . . seja qual for a especificação . . . uma corrente **RENOLD** traduz uma preocupação de qualidade em todos os sentidos.

Representantes e Depositários

HARKER, SUMNER & C.ª, L.DA

38, Rua de Ceuta, 48
PORTO

14, Largo do Corpo Santo, 18
LISBOA

Assim

Não se protege um motor!

PARA PROTECÇÃO EFICAZ
PREFIRA OS

Lubrificantes

Sonap

61/195

C. D. U. 533.17 : 534.4-13 : 621.316.54

Wave phenomena in compressed-air ducts — *Forwald, H.*

Asea Research 5, pág. 5-149. Västeras, Sweden, 1960.

C. D. U. 537.312 : 535.215 : 539.166.75.08

Cadmium Sulphide Crystals for Gamma-Ray Detection — *J. Franses.*

A.E.I. Engineering, 2-961, vol. 1, n.º 2, pág. 71-75.

C. D. U. 539.17

Fusion reactions resulting from discharges in deuterium — *Witt, H.*

Asea Journal 33 (1960) : 7-8, pág. 114-122.

C. D. U. 547.42 + 547.491.3 : 542.953

Cinétique de la condensation des polyols et des Dilsocyanates — *Stanislec Ronssin.*

Industrie des Plastiques Modernes, 1-2-961, vol 13, n.º 1, pág. 13-17.

C. D. U. 550.838

Aplicações do método de prospecção magnética efectuadas pelo Serviço de Fomento Mineiro — *Mateus Salema G. C. Couto.*

ENTSF Mineiro, vol, 14, n.º 3-4, pág. 175-201.
11 ref. bibliográficas.

C. D. U. 553.551.1 (469.5)

Calcáreos cristalinos da região de Viana do Alentejo — Alvito — *João Martins da Silva.*

ENTSF Mineiro, vol. 14, n.º 3-4, pág. 203-255.
10 ref. bibliográficas.

C. D. U. 621-52.629.113

Commande électrique d'uné chaine de montage dans l'industrie automobile — *Roderich Baisch.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 45-51, 8 figuras.

C. D. U. 621-592 : 622.64/.67

Freins et commandes de freins pour des machines d'extraction et des treuils dans les mines — *Rudolf Gedthe.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 5-12, 12 figuras.

C. D. U. 621.165

Development in Reheat Steam Turbines — *London, J. C.*

A.E.I. Engineering, 9-961, vol. 1, n.º 9, pág. 309-318.

C. D. U. 621.165

Recent trends in the development of the STAL turbine — *Larsson, C.*

Asea Journal 32 (1959) : 7-8, pág. 91-98.

C. D. U. 621.3.067

Interruptores para redes de Alta Tensão — *M. Perolini.*

Dyna, 2-961, vol. 35, n.º 7, pág. 448-475.

C. D. U. 621.3.087.9

Quelques applications du traitement des valeurs de mesure — *Hans Kürner et Ernst Weber.*

Revue Siemens, 18, 1960, pág. 60-63, 6 figuras.

C. D. U. 621.311.1.003.1

Ventajas económicas de la administración científica en las restricciones de energia eléctrica — *José M. de Ibarrondo.*

Dyna, 8-960, vol. 35, n.º 8, pág. 565-574.

C. D. U. 621.311.16 : 621.316.1.016.352 : 621.313.32

La estabilidade dinámica en el transporte de energía a grandes distancias — *Funk, Gernot.*

La AEG al dia 1959, n.º 5, pág. 116-125, 16 gravuras.

C. D. U. 621.311.161 : 621.316.726

Power frequency charateristics of ther Grid and automatic frequency control — *Moran, F; Davies, M.; Bird, J. J.*

Journal of the I. E. E., 2-959, vol. 5, n.º 50, pág. 102-105.

C. D. U. 621.311.21 : 621.67

The Happurg Pumped-storage Station — *Albrecht Haffa.*

Siemens Review XXVII (1960) pág. 295-302, 10 figuras, bibliografia.

C. D. U. 621.311.21 (673.41)

Cambambe — 1.º Escalão do aproveitamento hidroeléctricó do médio Cuanza em Angola — *G. Sarmento P. C. Afonso.*

Electridade, 19-961, n.º 19, pág. 264-274.

C. D. U. 621.311.21(679)

The Mavuzi Hydroelectric Power Station in Portuguese East Africa — *Karlheinz Junker.*

Siemens Review XXVII (1960) pág. 263-266, 3 figuras.

C. D. U. 621.311.21 (81)

La centrale hydroélectrique de Cachoeira do França sur le Rio Juquia au Brésil — *Ebersberger, M.*

Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.º 5, pág. 288-298, 15 figuras.

C. D. U. 621.313.32.072.2

The voltage regulation of synchronous machines — *Johansson, K. E.*

Asea Journal 32 (1959) : 9, pág. 124-132.

C. D. U. 621.313.3-1812

Alternadores de grande potência — *A. Dutoit.*

Suíça Técnica, 1960, n.º 2, pág. 13-25

C. D. U. 621.313.333

New 150-1,500 h. p. induction motors — *Hedström, H. and Broström, E.*

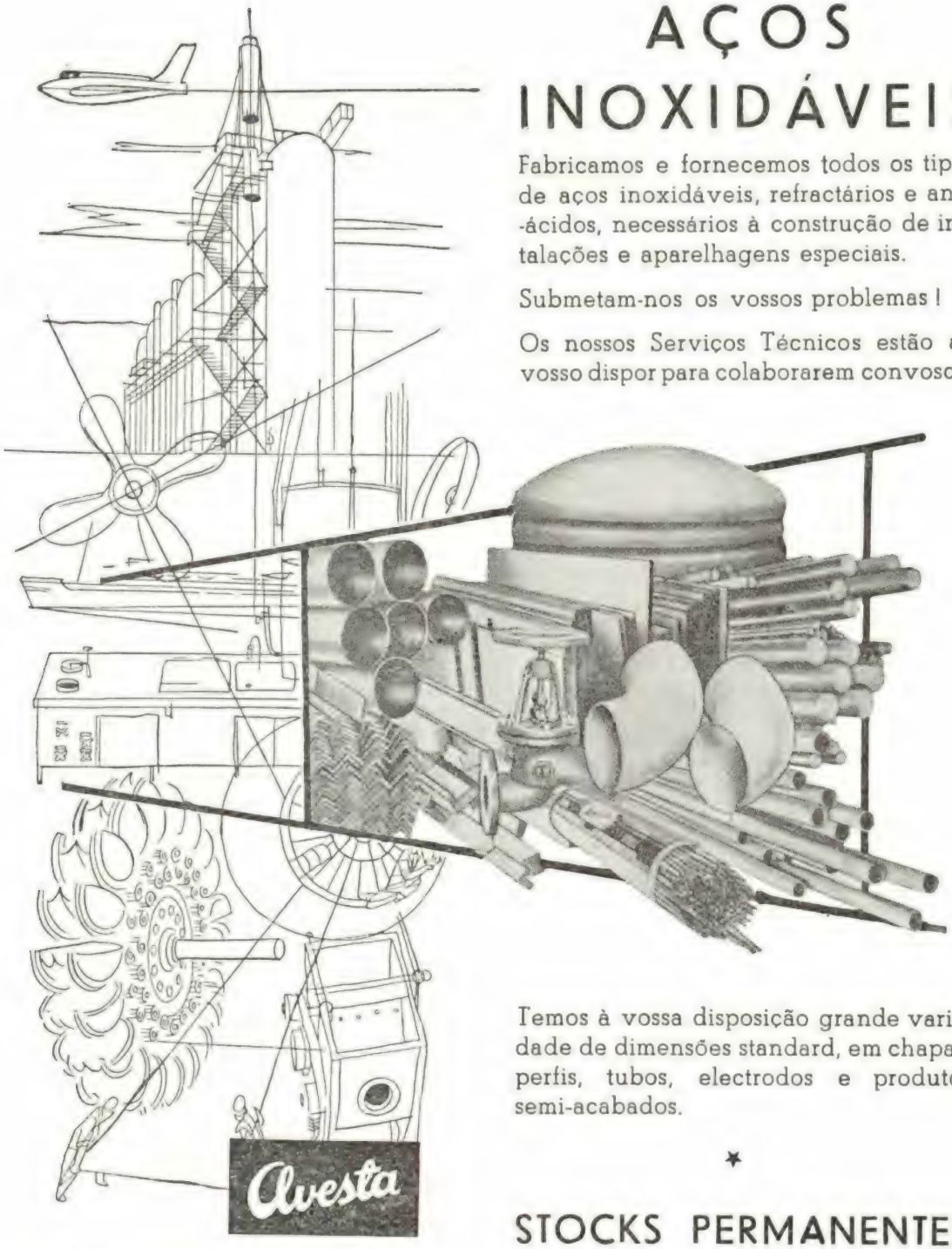
Asea Journal 33 (1960) : 7-8, pág. 103-106.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 479.61 — 479 93 — 479 97

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 5 4666

C. D U. 621.313.333.2.1621.316.718.5

Induction Motor Speed-Changing by Pole-Amplitude Modulation — *G. H. Rawlliffe.*

AEI, 7 961, vol. 1, n.° 6, pág. 220-227.

C. D. U. 621.314.634 : 669.686

Oil-immersed Selenium Rectifiers and Transductors for Wide-strip Tinning Lines — *Kurt Fiss and Wilhelm Kafka.*

Siemens Review XXVII (1960) pág. 14-21, 11 figuras,

C. D. U. 621.315.211.9 : 621.315.616.9

Câbles et lignes de communication avec matières plastiques — *Hans Haselhorst.*

Revue Siemens 17 (1959) pág. 247-253, 4 figuras, 2 tabelas.

C. D. U. 621 316.35.027.838 : 621.316.545 : 621.311.42.002.2

Problemas en la construcción de centrales — transformadoras de 380/220/110 kV.

La AEG al dia 1959, n.° 2, pág. 140-148, 15 gravuras.

C. D. U. 621.316.36 : 621.316.925

Automatic sectionalising in industrial plants with priority load — *Skoglund, B.*

Asea Journal 32 (1959) : 6, pág. 67-76.

C. D. U. 621.316.9

Appareils de commande antidéflagrants du type «sécurité intrinsèque» — *Alfred Heyn.*

Revue Siemens 18 (1960) pág. 64-66, 3 figuras.

C. D. U. 621.317.326 : 621.317.755

Electronic aids for high-voltage tests — *Faxö, L.*

Asea Journal 33 (1960) : 6, pág. 83-89.

C. D. U. 621.317.39 : 531.781.2

A Detecting Device for Measuring and Controlling the Tension in Continuons Strips — *Peter Hettler.*

Siemens Review XXVII (1960) pág. 215-219, 8 figuras, bibliografia.

C. D. U. 621.317.714.082.6

Enregistreurs à trait continu avec équipages de mesure à bimétal — *Gerhard Jentsch et Hermut Kaulfersch.*

Revue Siemens 18 (1960) pág 93-95, 5 figuras.

C. D. U. 621.325 53.3.077.7

The magnetic stabilization of low pressure d. c. arcs — *H. Wroe.*

The Metropolitan — Vickers Gazette, 4-959, vol. 30, n.° 477, pág. 119-123.

C. D. U. 621.332 : 621.314.63

The Silicon Rectifier for the Feeding of D. C. Railways — *Ludwig Hartmann.*

Siemens Review XXVII (1960) pág. 31-33, 3 figuras.

C. D U. 621.333.621.314.651.2

Failway-traction rectitier equipments — *K. Gunary.*

Journal I.E.E., 1-961, vol. 7, n.° 3, pág. 34-36.

C. D. U. 621.337.1 : 621-52

Programme Machines on the Tube — *Dell, R.*

Journal of the I.E.E., 2-959, vol. 5, n ° 50, pág. 88-94.

C. D. U. 621.31 : 621.51 : 622

Moteurs électriques pour commande de compresseurs dans les mines — *Erwin Beyer et Klaus Herrmann.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 107-113, 11 fig., 1 tab.

C. D. U. 621.34 : 666.94.013.5

Equipements électriques modernes de cimenteries — *Bläuenstein, E.*

Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 5, pág. 307-319, 16 fig., 4 réf. bibliogr.

C. D. U. 621.365.5 : 621.78

The mains-frequency induction heating of light-alloy billets — *Sundberg, Y.*

Asea Journal 33 (1960) : 6, pág. 75-82.

C. D. U. 621.389

CRT Display Unit for 2002 Digital Computer — *Friedrich Baur and Karl-Ludwig Lenz.*

Siemens Review XXVII (1960), 155-157, 3 fig. bibliog.

C. D. U. 621.395.3

Nouvelles installations interphones simplex et duplex — *Georg Dehn et Rudolf Panzer.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 91-93, 3 fig., bibliog

C. D. U. 621 395.361

A Semi-Electronic Identifier for Rate Recording in Large PABX's — *Kurt Fischer.*

Siemens Review XXVII (1960), pág. 302-305, 5 fig.

C. D. U. 621.385 : 621.395 5

Les tubes D 3a et E 280 F, deux tubes à large band et à pente raide pour de mombreux buts d'utilisation — *Walter Schneider et Roland Wolfram.*

Revue Siemens 17 (1959), pág. 277-282, 7 fig., 2 tabelas, bibliografia.

C. D. U. 621.395.721.4 : 621.395.345

An Experimental Telephone for use weth Electronic Exchanges — *Brown, R. E. C.: Lane, P. J.*

A E.I. Engineering, 9-961, vol. 1, n.° 9, pág. 324-329.

C. D. U. 621.396 677.823

Malvern 45 ft Radio Telescope — *J. S. Hey* e *V. A. Hughes.*

Journal I.E.E., 1-961, vol. 7, n.° 73, pág. 7-11.

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA

S. A. R. L.

FABRICANTE DE ISOLADORES PARA EQUIPAMENTO DE SUB-ESTAÇÕES TRANSFORMADORES E DE LINHAS DE TRANSPORTE DE ENERGIA EM ALTA TENSÃO

fabrica igualmente

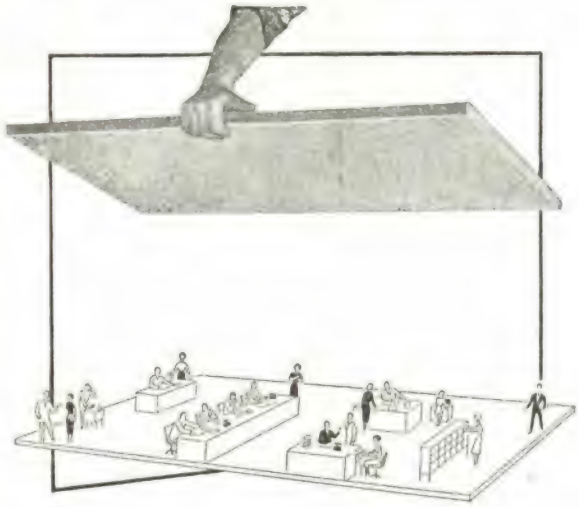
- isoladores de baixa tensão
- pequena aparelhagem eléctrica em baquelite e porcelana
- tubo plástico "Polivoh" para protecção de condutores
- material em refractário especial para aparelhos de aquecimento

DANIEL VIDAS

SEDE L. BARÃO DE QUINTELA, 3-1.º LISBOA
FABRICA-CANDAL-VILA NOVA DE GAIA

EC 61-1

Vitrofil



ESTE TECTO

absorvendo os ruídos

aumenta o rendimento do pessoal

- ★ Coeficiente elevado de absorção do som
- ★ Poder isolante elevado
- ★ Fácil aplicação
- ★ Incombustível
- ★ Fácil de limpar

Numerosas referências em cinemas, salas de aula, escritórios, salas de mecanografia, refeitórios, estúdios de rádio e de televisão, oficinas, etc.

NACIONAL FIBRAS DE VIDRO, LDA.

Rua Braamcamp, 15, 2.º Dt.º—LISBOA

Tel. 5 91 50 — 5 91 24

C. D. U. 621.397.74

Transmission des programmes TV en relais — *Helmut Schröder.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 137-140, 6 figuras.

C. D. U. 621.398

Electrenic Time-multiples Pulse-code Telemetering — *Joachim Dittmann and Henrich Darilek.*
Siemens Review XXVII (1960), pág. 255-260, 8 figuras, bibliografia.

C. D. U. 621.398 : 621.395.5

Central Monitoring of Long-Range Comunications Networks — *Georg Glünder.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 271-276, 9 figuras.

C. D. U. 621.438

Travaux pour la mise au point de la turbine à gaz — *Rudolf Friederich.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 140-145, 8 figuras.

C. D. U. 621.516

Les pompes à gaz Elmo dans les sucreries — *Walther Baume.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 205-209, 5 fig., bibliog

C. D. U. 621.52

Nouxeaux champs d'application de la pompe à vide Elmo avec éjecteur à gaz — *Hanz-Georg Reinhardt.*
Revue Siemens 17 (1959), pág. 282-284, 4 figuras.

C. D. U. 621.644.001.2

Tensiones de trabajo en paredes de conductor con los extremos empotados — *Agostin Motilla Martin.*
Dyna, 8 960, vol. 35, n.º 8, pág 597-605, 8 ref. bibliog.

C. D. U. 621.783

Funrace Design — *Court, W. E.*
A.E.I. Engineering, 11-961, vol. 1, n.º 11, pág. 404-406.

C. D. U. 621.785.545.45

Une nouvelle installation de trempe par induction, à usages multiples — *Peter Wiehn.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 232-235, 3 figuras.

C. D. U. 621.791.735 : 621.314.21

Transformateurs pour soudure à l'arc à command par polarisation magnétique à l'aide d'un courant continu — *Paul Zwanzger.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 40-45, 11 figs. 1 tabela.

C. D. U. 621.791.8

Inert-Gas Imegsten Arc Welding of Aluminium and its Alloys — *Bengtsson, Gunnar.*
ASEA Journal, 1961, vol. 34, n.º 8-9, pág. 154-159.

C. D. U. 621.891

La lubrificación hidrodinámica y sus relaciones con el diseño de los cojinetes de fricción — *F. I. Barwell.*
Ciência y Técnica, 3/4-961, vol. 130, n.º 653, pág. 110-121, 93 referências bibliográficas.

C. D. U. 621.9 : 621-528

Electronic Control of Machine Tools — *S. Tones.*
A.E.I. Engineering, 2-961, vol. 1, n.º 2, pág. 76-81.

C. D. U. 622.625 : 656.25

Installations de signalisation pour chemins de fer miniers — *Paul Franitza.*
Revue Siemens 17 (1959), pág. 252-257, 6 figuras

C. D. U. 625.433.1

Improving the Efficiency of Blast Furnace Charging Systems with the Aid of Railroad Signaling Equipment — *Werner Funke.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 257-263, 9 fig. 1 tab.

C. D. U. 628.3 (43-316.2)

Installation d'épuration des eaux Wuppertal-Buchenhofen de l'Association de la Wupper — *Paul Leber.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 270-271, 3 figuras.

C. D. U. 621.971.6 : 625.712.4

Une nouvelle voie dans l'éclairage de grands spaces — *Rolf Lehmann.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 33-34, 2 figuras.

C. D. U. 628.974.04 : 77.03

Lightning Colour Prints and Iransparencies for Display — *Murphy, B. M.*
A.E.I. Engineering, 11-961, vol. 1, n.º 11, pág. 414-418.

C. D. U. 628.974.68

Fontaines lumineuses modernes — *Walter Tüngethal.*
Revue Siemens 18 (1960) pág. 129-133, 5 figs.

C. D. U. 637.135 : 678.742.2

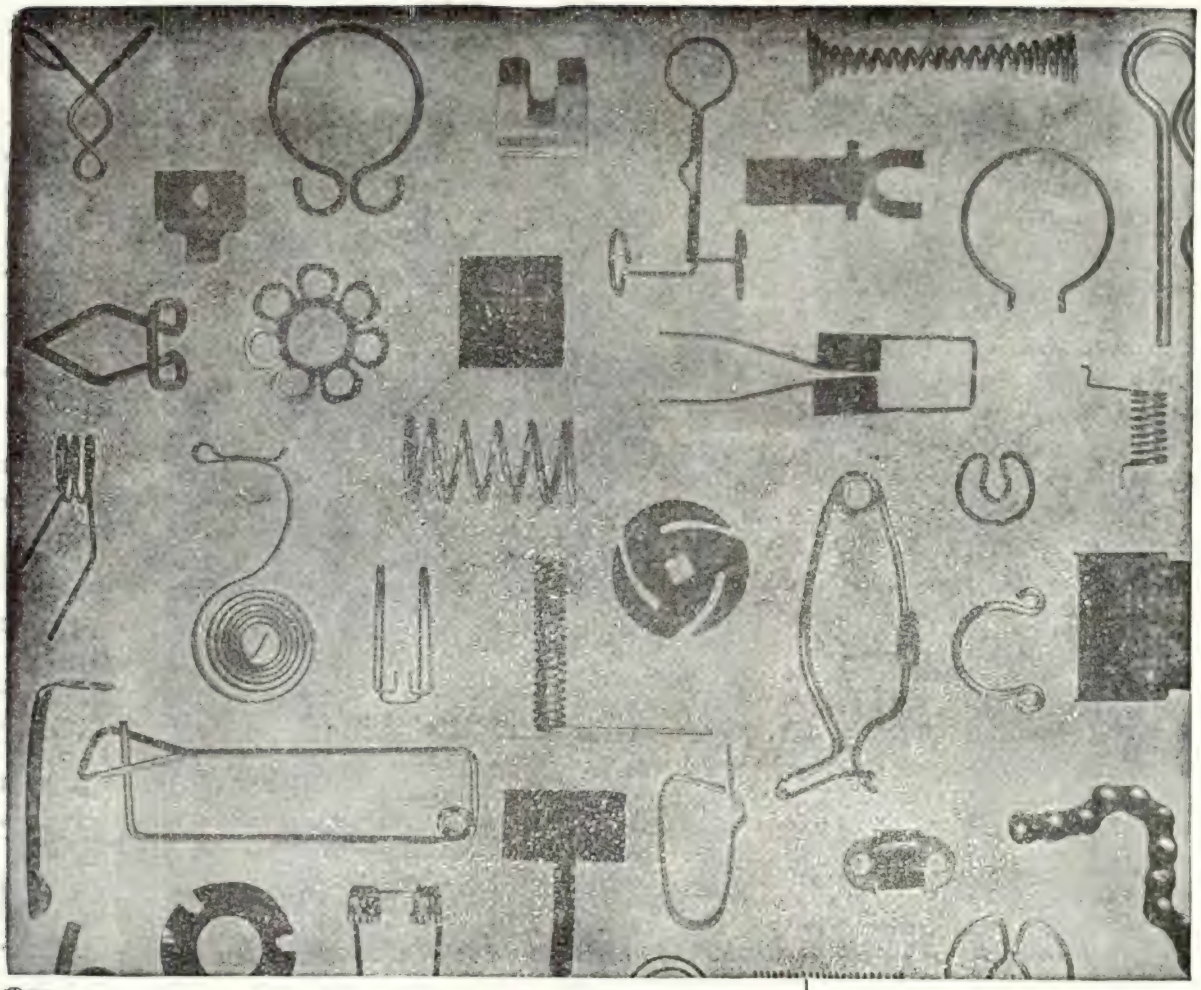
Le payéthylène pour le transport du lait on Scandinvie — *F. A. Abadia — Maumert.*
Industrie des Plastiques Modernes, 1-2-961, vol. 13, n.º 1, pág. 2-5.

C. D. U. 65.011 : 331.87

Les principales formules da la productivité à l'échelle de la nation et des branches d'activité — *L. A. Vincent.*
Rev. Mes. Productivité, 5-961, n.º 25, pág. 5-18.

C. D. U. 655.34 : 676.2.06

Difficuldades que se presentan en la impression del papel — *F. de Castro.*
Dyna, 7-961, vol. 36, n.º 7, pág. 445-447.



175

Quality springs presswork and accessories

Experts in the design and manufacture of springs and presswork for more than 100 years, Terrys are known all over the world for quality and dependability. They produce millions of parts every year—each one precision-made for its specific purpose. Terrys Research Department has a wealth of specialised experience and know-how and will gladly advise on the right design of spring or presswork for your particular problem.

Some of Terrys many accessories

Tool clips
Security Hose clips
Metric spanners
Boxes of assorted springs
Midget spanner sets
Circlips
Flexible shaft
Belleville washer

TERRYS

HERBERT TERRY & SONS LTD, REDDITCH, ENGLAND

C. D. U. 656.1.056

«Onde verte» à Heidelberg pour le passage des voitures d'incendie — *Rolf Hurrle.*

Revue Siemens 18 (1960) pág. 225-229, 4 figs.

C. D. U. 656.257

Aménagement en Suède d'une grande installation de télécomande pour chemins de fer — *Günther Lentz.*

Revue Siemens 18 (1960) pág. 135-136, 2 figs.

C. D. U. 657.4

Reflexiones sobre Contabilidad Industrial — *Anibal Garcia Galau.*

Dyna, 9-961, vol. 36, n.º 9, pág. 630-633.

C. D. U. 658.011

Etude critique de la mesure de la productivité technique — *H. Weigel.*

Rev. Mes. Productivité, 5-961, n.º 25, pág. 59-68.

C. D. U. 658.3.011

La mesure de la productivité du travail dans l'industrie Longoise — *Zoltan Roman.*

Rev. Mes. Productivité, 5-961, n.º 25, pág. 47-56.

C. D. U. 658.3.124

Tipo de jerarquia conveniente em la Empresa — *Francisco Donis Ortiz.*

Racionalización, 7-8-961, vol. 14, n.º 4, pág. 391-394.

C. D. U. 658.5

Cómo escribir especificaciones de ingenieria — *Luis Pérez de Prat.*

Dyna, 7-961, vol. 36, n.º 7, pág. 488-491.

C. D. U. 658.011

La mesure de la productivité au niveau de l'usine. Objectifs et methodes — *T E Easterfield.*

Rev. Mes. Productivité, 2-961, n.º 24, pág. 5 22.

C. D. U. 658.53.011[622.333(44)]

Mesure de la productivité globale d'un secteur economique: exemple de l'extraction francaise de charbon — *Lucienne Caben.*

Rev. Mes. Productivité, 5-961, n.º 25, pág. 19-37.

C. D. U. 658.54 : 338.58

Modelos de mecanización de costos analíticos en la empresa industrial — *Barto Roig Chucat.*

Dyna, 5-961, vol. 36, n.º 5, pág. 314-324.

C. D. U. 658.562

Nivel de calidad. Cómo escoger el aceptable — *Emilio Peñas Penela.*

Rev. Inst. Nac. Racionalización, 7-8-961, vol. 14, n.º 4, pág. 385-390.

C. D. U. 66.084

Ultrasonic Equipment for Chemical Production Processes — *Rolf Esche and Peter Langer.*

Siemens Review XXVII (1960) pág. 147-151, 6 figs. bibliografia.

C. D. U. 662.642 : 621.311.23 002.3

Estudios sobre el empleo del lignito de Mallorca en centrales térmicas — *Miguel Velasco Moreno.*

Dyna, 8-960, vol. 35, n.º 8, pág. 575-586.

C. D. U. 664.1 : 621.928.3

Turbines essoreuses automatiquss pour sucreries — *Werner Rojek.*

Revue Siemens 18 (1960) pág. 171-175, 3 figuras, bibliografia.

C. D. U. 666.7 : 669.11.043

Materiales refractarios par la industria del hierro y del acero (V) - *José Maria Palaciro Repáraz.*

Dyna, 8-961, vol. 36, n º 8, pág. 537-547.

C. D. U. 666.94 : 620.08

Tiempo de fraguado del cemento (examen crítico de algunos métodos para su determinación) — *J. M. Tobio.*

Ion, 10-960, vol. 20, n.º 231, pág 589-600.

C. D. U. 666.94 : 620.193.19 : 666.8

Empleo del bloque de yeso en la determinación de humegado en las pastas de cemento — *J. M. Tobio.*

Ion, 3-961, vol. 21, n.º 236, pág. 131-139.

C. D. U. 669.11.043 : 666.7

Materiales refractarios para la industria del hierro y del acero — *José Maria Palacios Réparaz.*

Dyna, 8-961, vol 36, n. 8, pág 537-547.

C. D. U. 669.184.2-52

La régulation du soufflage de l'acier Thomas — *Wilhelm Liesegand.*

Revue Siemens 17 (1959) pág. 261-265, 10 figuras.

C. D. U. 669.187.2

Les grands fours à arc d'aciéries — *Hammarlund. P. E.*

Asea-Revue 32 (1960) : 6, p. 158-166.

C. D. U. 669.255 : 620.176.6

Le rechargement dur a l'aide d'alliages au cobalt — *S. Granger, B. S. C.*

Cobalt, 6-959, n º 3, pág. 3-15.

C. D. U. 669.268.7 : 720.197 : 66.024

Anteprojeto para una instalacion de cromado duro — *F. Antón Martin.*

Ion, 5-961, vol. 21, n.º 239, pág. 272 276.

O INCRÍVEL

AUSTIN seven

para o seu serviço
para os seus passeios
para sua completa satisfação
não hesite – decida-se pelo AUSTIN SEVEN

AGORA MAIS ATRAENTE — NOVAS CORES

PREÇO TOTAL ESC. 46.463$70

DISTRIBUIDORES GERAIS: J. J. GONÇALVES, SUCRS.
LISBOA • PORTO • ÉVORA • SANTARÉM • AGENTES EM TODOS OS DISTRITOS

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 - TEL 21277

DUPLICADORES

Manuais e eléctricos.

Gestetner

OS MELHORES
DO MUNDO

A GESTETNER, L.DA

RUA DA CONCEIÇÃO, 125 Telefone 2 2528 - LISBOA | LARGO DO PADRÃO, 20, 1.º Telefone 2 3469 - PORTO

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO
Rua de S. Tiago, 13
LISBOA
Telefone 86 19 72

AUGUSTO CAVACO
ENGENHEIRO

SONDAGENS
FUNDAÇÕES
CAPTAÇÕES DE ÁGUA
REBAIXAMENTOS
DE NÍVEIS AQUÍFEROS

RUA RODRIGO DA FONSECA, 67 · LISBOA · TELEF. 5 3873

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º

Telefones: 867165/67 ✦ Telegramas: SETANSOL

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**

- SISTEMAS TELEFÓNICOS DE TODOS OS TIPOS
- SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO
- SISTEMAS DE SONORIZAÇÃO
- APARELHAGEM DE MEDIDA E ENSAIO
- CONTADORES ELÉCTRICOS
- CABOS E APARELHAGEM TELEFÓNICA E ELÉCTRICA

—///—

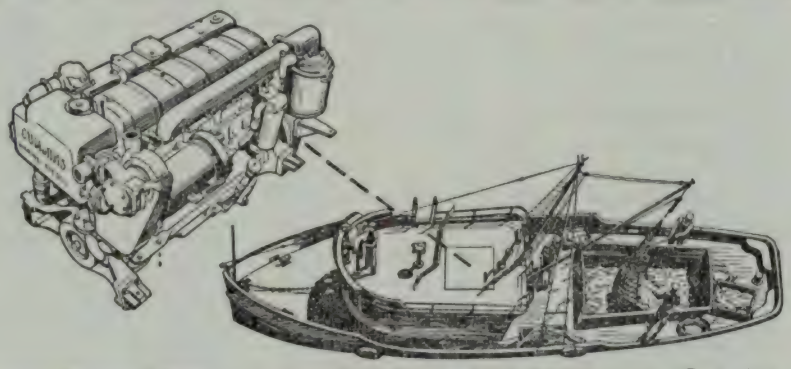
Sociedade Ericsson de Portugal, Lda.

Rua Filipe Folque, 7, 1.º — Telefone (PPC 2 linhas) 5 71 93

PROJECTOS // MONTAGENS // REPARAÇÕES

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Prefira os Diesel marítimos CUMMINS para maiores LUCROS



A linha completa de Cummins compreende robustos motores Diesel leves ou pesados compactos para rebocadores, dragas, batelões, traineiras, barcos de incêndio, e barcos de recreio.
Há modelos de motores Cummins desde 70 a 1.120 hp a fim de dar solução correcta às necessidades de força segundo o tipo de barco, velocidade e género de serviço.
Os motores marítimos Diesel Cummins têm a garantia por um ano sendo aprovados pelo American Bureau of Shipping a Lloyd's Register of Shipping e Board of Steamship Inspection (Canadá).
A fim de reduzir ao mínimo o custo de operação de motores Cummins são a 4 tempos, têm camisas húmidas, protecção contra poeiras e o sistema de combustível «Cummins PT», para a segurança e economia.
Para uma margem suplementar de segurança no mar e tornando mais fácil a manutenção, os motores Marítimos Cummins Diesel utilizam o seguro combustível Diesel N.º 2.

CUMMINS

MIRITA da frota algarvia tem um Cummins NHRS — 6-M

Gladiador de Peniche que tem um Cummins NRTO — 6-M

Eduardo Nuno, «traineira de Matozinhos» equipada com motor Cummins LR — 6-M de 260HP

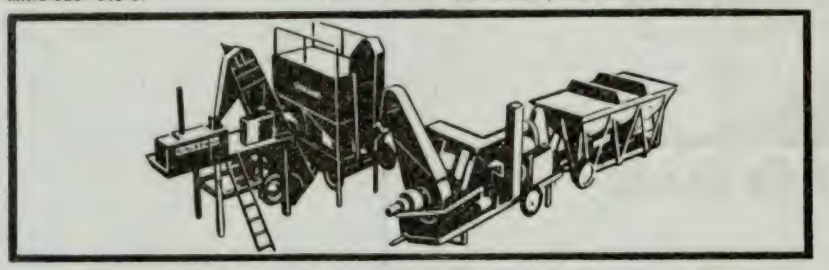
Para mais informações consulte:

ELECTRO CENTRAL VULCANIZADORA, LDA.

LISBOA — Avenida 24 de Julho, 60-G — Telef. 66 11 76
PORTO — Praça D. João I, 28 — Telef. 2 30 22

MISTURA FRIA — Produz acima de 50 ton. / hora com o misturador 840-B.

MISTURAS QUENTES INTERMÉDIAS — Produz até 45 ton. / hora, utilisando o misturador e secador.



MISTURA AGREGADOS MÚLTIPLOS, DE ALTA QUALIDADE — Com rendimento de 45 ton. / hora, usando o misturador, o secador e o seleccionador.

Nova instalação de mistura de betuminosos, marca BARBER GREENE, modelo 840-B

Escolha a instalação de Mistura que mais o satisfará. — Por baixo custo inicial, pode adquirir a nova instalação de mistura de betuminosos, marca Barber Greene, modelo 840-B que apresenta as características próprias das grandes instalações. O misturador isolado produz bases estabilizadas e misturas betuminosas frias. Adicionando um secador, um seleccionador e um retentor de poeiras (ciclone) ao misturador, poderão produzir-se misturas betuminosas de quaisquers características.

O novo e mais comprido misturador, de veio duplo, proporciona uma mistura mais perfeita e uma maior capacidade.

A tremonha de descarga do misturador é accionada hidràulicamente, facto que evita a segregação da mistura. A posição alta da tremonha de descarga permite que as camionetas parem para a carga, mesmo por baixo da tremonha.

Fàcilmente móveis e montáveis. — Todas as unidades são transportadas sobre semi-reboques equipados com rodas de pneus, fàcilmente rebocáveis por camionetas. Todas as unidades dispõem de suportes ajustáveis, não necessitando, pois, de bases.

Para informações detalhadas dirija-se ao representante exclusivo.

Barber-Greene

Barber-Greene Americas, Inc., Aurora, Illinois, U.S.A.
Barber-Greene Overseas, Inc., Aurora, Illinois, U.S.A.
Barber-Greene Canada, Ltd., Toronto, Ontario, Canada
Barber-Greene Olding & Co., Ltd., Hatfield, Herts, England

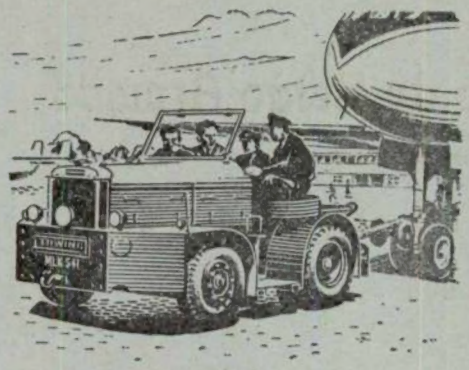
REPRESENTANTE EXCLUSIVO:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8
LISBOA

Ad No. 55-203A-B



MERCURY

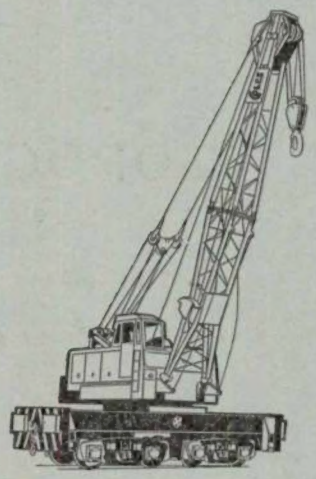
TRACTORES INDUSTRIAIS

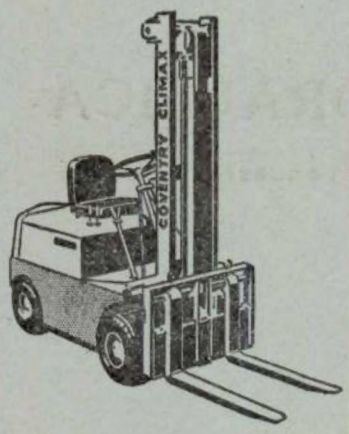
Capacidades de reboque
até 300 Ton

COLES

GUINDASTES MÓVEIS

Capacidades até 60 Ton





Coventry Climax

EMPILHADORES

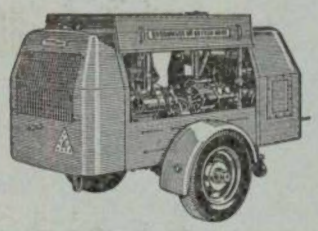
ELÉCTRICOS DIESEL GASOLINA

Capacidades até 3 Ton

"BROOMWADE"

COMPRESSORES

PORTÁTEIS E FIXOS
ROTATIVOS E ALTERNATIVOS
E FERRAMENTAS PNEUMÁTICAS



GUEDES & ALMEIDA, LDA. • R. S. Nicolau, 71-4.º – Tel. 25080 • LISBOA 2

Tabelas para o Cálculo de Betão Armado

por Fernando Vasco Costa

4.ª edição revista e aumentada pelo autor e por João d'Arga e Lima

Preço 140$00

TOPOGRAFIA GERAL

pelo Eng.º A. C. Xerez

1.º Volume — 2.ª edição revista e aumentada

Preço de cada volume 150$00

MANUAL DE HIDRÁULICA

pelo Eng.º Armando C. Lencastre

Preço 150$00

Dicionário de Unidades e Tabelas de Conversão

Pelo Eng.º Vasco Costa e Osvaldo Francês

Preço 35$00

Pedidos à "Técnica"

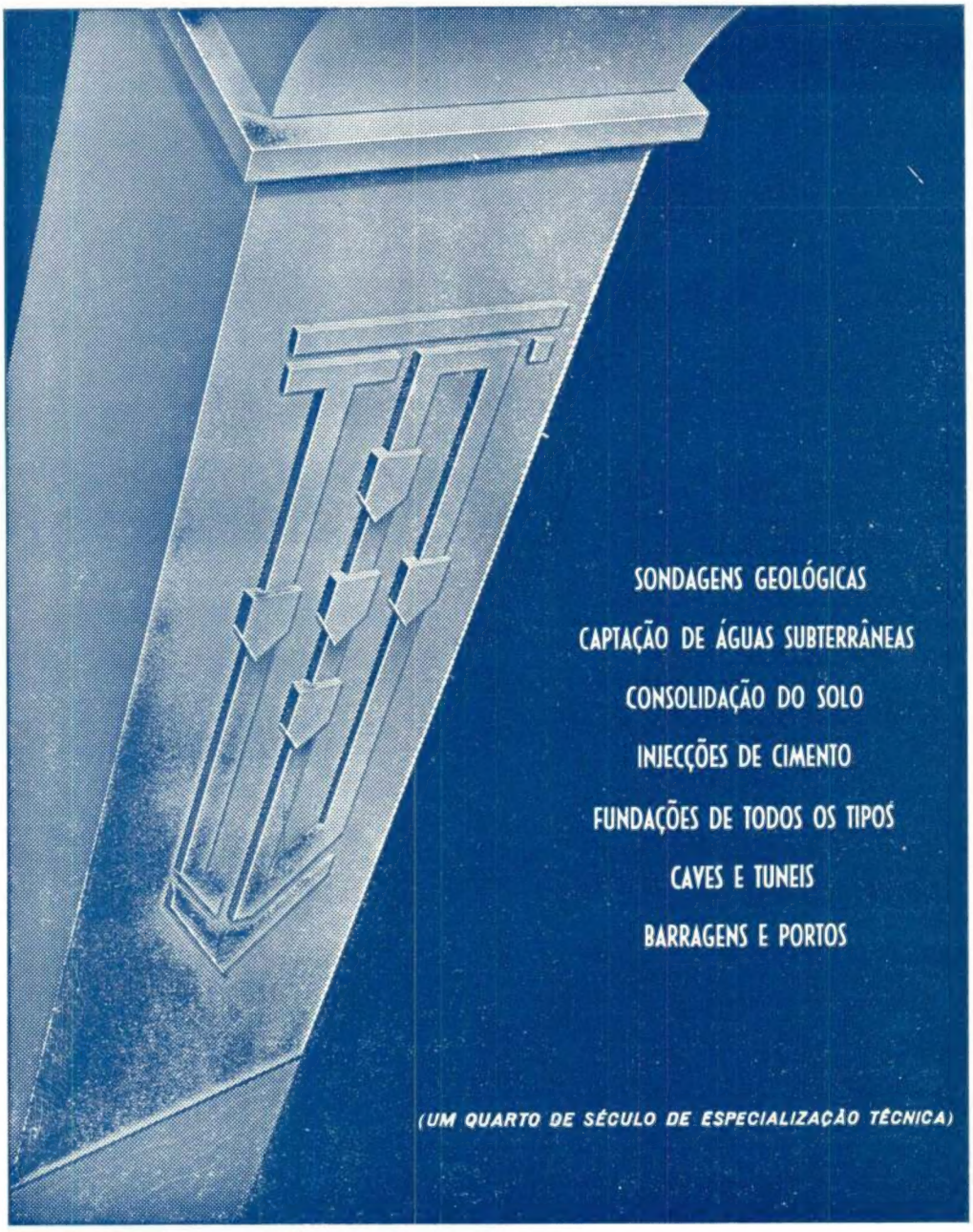
Desconto: 10 % aos assinantes

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.°
TELEF. 36 27 95

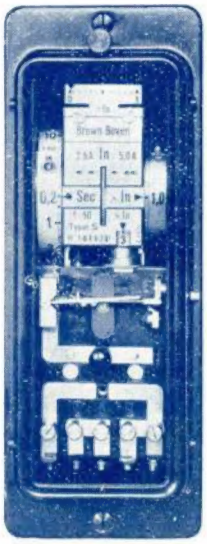
LISBOA



Protegei as vossas máquinas, aparelhos, e instalações, dos perigos externos e internos utilizando relés

BROWN BOVERI

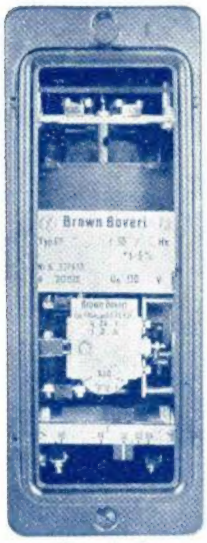
Sobretensão



Sobrecarga curto-circuito

Sobrecarga térmico

Sobrecarga instantâneo



Frequência

Cargas assimétricas

Diferencial

Terra

Os nossos Serviços Técnicos podem auxiliar a resolver os vossos problemas sobre protecções.

SOC. DE ELECT. **BROWN BOVERI**, LDA.

RUA DE SÁ DA BANDEIRA, 481 – 2.º • TEL. 23411 • PORTO